４章　研究の成果

4.1　コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

4.2　情報収集・処理道路システムに関する調査

4.3　路車協調による走行支援道路システムに関する調査

4.4　最先端の通信方式を利用した道路システムに関する調査

4.5　システムの実用化に関する調査

4章　研究の成果

4.1　コンセプト及びアーキテクチャの設計と評価に関する調査

コンセプト及びアーキテクチャについては平成１３年度から平成１４年度にかけて調査・検討を行いまとめた。合わせて信頼性の設定を行い、安全走行支援システムとして実用に供する基礎検討とした。

4.1.1　コンセプトの設計と評価に関する調査

コンセプトを明確にし、路車の機能分担、インフラ機器へのリクワイアメントをまとめた。

4.1.1.1　基本的な考え方の整理

事故発生状況並びに基本リクワイアメントに基づき走行支援システムとして具備すべき機能を抽出し、「認識」機能、「判断」機能、「動作(操作)」機能とこれら機能を伝達する機能に大別して整理すると共に、下記の方針に従って路側で持つべき機能と車両で持つ機能に割り振った。

(1)　最終責任はドライバにある
(2)　インフラからの情報を用いて車両側が最終判断する。
(3)　制御内容は車両が決定する
(4)　車両はセンシングできる範囲内の情報を収集する。インフラが提供する情報は、カーブ路、交差点など車両から認識困難な所の情報を基本とする

路側で持つべき機能と車両で持つべき機能の分担方法は多様に考えられるが、一次リクワイアメントでは、下記の基本的考え方にしたがって分類した。

①　道路状況を把握するセンサなどの道路インフラは、主としてカーブ区間、交差点など車両から視認困難な道路区間の情報を収集し、道路状況などを「認識」する。また、車両に搭載されたセンサは、車両からセンシングできる範囲内の情報を収集し、道路状況などを「認識」する。
②　道路インフラは自ら収集した情報に基づき、道路状況の危険性などを「判断」（注 1）する。
③　道路インフラが判断した危険な事象に関する情報は、路車間通信により車両へ「伝達」される。
④　伝達された情報に基づいて、車両は情報提供、警報、操作支援のタイミングを「判断」（注 2）し、車両の位置に応じて走行支援（「動作」）を行う。

上記の注 1 および注 2 は、以降の表における路車機能分担にある注 1 および注 2 と対応する。

4.1.1.2　機能内容と路車機能分担案の作成

早期に実用化を行うサービスとして、障害物衝突防止支援の支援挙動と走行支援レベルに基づき、機能を整理した結果を表 4.1.1-1 に示す。

(a)　支援挙動　　　　：縦方向挙動

(b)　走行支援レベル：情報提供、警報、運転支援

表 4.1.1-1　障害物衝突防止支援の機能

	機　　　能	機能分類	路車分担案
1	サービス対象車両の前方に存在する障害物の有無を計測する機能。	「認識」	カーブ等により前方が車両から認識困難な場合は「路」で分担。それ以外は「車」で分担。
2	道路脇を対面/背面通行している歩行者の有無を計測する機能。		道路脇を通行している歩行者は車両から認識困難であり、「路」で分担。
3	前方の走行環境（路面状況）を計測する機能。		「路」で分担。但し車両挙動に影響を与える場所に必要。
4	サービス対象車両が前方道路線形を把握するための道路線形情報を提供する機能。		「路」で分担。
5	サービス対象車両が障害物の位置を正しく把握するために自車両の位置を提供する機能。		基点位置の提供は「路」で分担。そこからの距離計測は「車」で分担。
6	サービス対象車両の位置・速度・加速度・ヨーレート等を検出する機能。		「車」で分担。
7	インフラが収集した情報に基づき、道路状況の危険性などを判断する機能。	「判断」（注 1）	「路」で分担。
8	インフラが情報処理した内容を車両へ提供する機能。	「伝達」	「路」で分担。
9	上記情報を車両で受取り、車両で収集した情報と整合化する機能。		「車」で分担。
10	サービス対象車両の位置、速度等と障害物の位置、大きさ等から追突の可能性を判断する機能。	「判断」（注 2）	「車」で分担。
11	障害物が前方にある旨をドライバへ情報提供する機能。	「動作」（操作）	「車」で分担。
12	情報提供後、ドライバが回避行動をとらない場合は、衝突の危険を警報する機能。		「車」で分担。
13	警報したにもかかわらず、ドライバが回避行動をとらない場合は、減速制御等の障害物回避を支援する機能。		「車」で分担。

4.1.1.3　インフラ機器へのリクワイアメント

リクワイアメントにおいて設定した各サービスの安全走行支援機能からインフラシステムへ要求される情報収集機能、情報提供機能に関する機能をまとめると表 4.1.1-2 の通りである。

表 4.1.1-2　走行支援システムのインフラに要求される機能

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="3">サービス名</th><th colspan="3">情報収集機能</th><th>情報提供機能</th></tr>
<tr><th colspan="2">道路状況</th><th rowspan="2">路面状況</th><th rowspan="2">情報提供範囲</th></tr>
<tr><th>計測範囲</th><th>計測種</th></tr>
<tr><td rowspan="2">障害物衝突防止支援</td><td><一般道></td><td>自車両位置から前方カーブ等の見通し不良区間</td><td>歩行者と
二輪車以上の大きさの物体</td><td rowspan="10">車両挙動に影響を与える場所で必要

乾燥/湿潤/水膜/積雪/凍結</td><td>障害物から必要制動距離以上手前まで</td></tr>
<tr><td><自専道></td><td>自車両位置から前方カーブ等の見通し不良区間</td><td>二輪車以上の大きさの物体</td><td>障害物から必要制動距離以上手前まで</td></tr>
<tr><td colspan="2">車線保持支援(直線)
<一般道><自専道></td><td>―――</td><td>―――</td><td>サービス区間全域</td></tr>
<tr><td rowspan="2">車線保持支援(カーブ)</td><td><一般道></td><td rowspan="2">―――</td><td rowspan="2">―――</td><td>カーブから必要減速距離以上手前まで</td></tr>
<tr><td><自専道></td><td>カーブから必要減速距離以上手前まで</td></tr>
<tr><td rowspan="2">出会い頭衝突防止支援</td><td>接近支援</td><td>―――</td><td>―――</td><td>停止線から必要制動距離以上手前まで</td></tr>
<tr><td>発進支援</td><td>優先道路の必要区間</td><td>二輪車以上の大きさの車両</td><td>停止線近傍及び交差点内</td></tr>
<tr><td colspan="2">右折衝突防止支援</td><td>対向車線の必要区間</td><td>二輪車以上の大きさの車両</td><td>交差点近傍及び交差点内</td></tr>
<tr><td colspan="2">横断歩行者衝突防止支援</td><td>横断歩道上及びその付近
又は
横断歩行者事故多発地点</td><td>歩行者・自転車</td><td>横断歩道又は事故多発地点から必要制動距離以上手前まで</td></tr>
<tr><td colspan="2">車間保持支援
<自専道></td><td>－</td><td>－</td><td>サービス区間全域</td></tr>
</table>

またインフラ機器への要求性能をまとめたものを表 4.1.1-3 に示す。

表 4.1.1-3　インフラ機器への要求性能（まとめ）

インフラ設備		要求性能
情報収集センサー設備	道路状況検出設備	検出範囲：一般道：　0～274m以上：自専道：　0～300m以上 検出識別性能： 二輪車相当以上の大きさをもつ物体の位置と速度 分解能：通常走行の二輪車及び四輪車と併走する二輪車を個別に 識別可能で有ること 位置計測精度：縦方向　±5% 以下、横方向車線幅の±1/4以下 速度計測範囲：自専道：車両走行速度 0～120km/h以上 (自専道では 0～180km/hが望ましい) 一般道：車両走行速度 0～80km/h以上 (一般道では0～120km/h以上が望ましい) 速度計測精度：　±5%以下 検出時間性能　0.1s以下、検出周期：0.1s
	歩行者検出設備	検出範囲：横断歩道及び周辺　(幅)横断歩道+前後4m、(長さ)15m 道路脇の対面/背面通行をしている歩行者　(幅)路側帯+0.5m、 (長さ)200m　但し、200mは分割計測可 検出識別性能：人及び自転車に乗っている人の有無 上記検出範囲内の歩行者等の位置車線幅の±1/4以下 検出時間性能：0.1s以下、検出周期：0.1s 但し、人は移動速度が1m/s程度のため0.5s以下の 検出性能・周期でも可
	路面状況検出設備	検出路面状況：乾燥・湿潤・水膜・凍結・積雪の5状態 検出範囲：道路幅員方向全幅、及び路線方向監視範囲で 車両挙動に影響を与える場所 検出精度：5状態以上 出力単位範囲：検出範囲をサービスに影響を与える最小区間（単位区間）に区切り、 その区間内を代表する状態を出力する(検出範囲と単位区間は同じ場合 もある。)但し、車間保持支援サービスのように、サービス区間がインタ ー間のように数キロメートルにわたる場合は、路面状態が変化する複数 のポイントを計測する事により、サービス区間の路面状態を推定出力し てもよい。 検出時間性能：1分以内（路面状況の変化は1分程度のため） 検出周期：1分
位置検出支援設備		検出位置：車線内の横位置　及び　縦位置 通過速度：車両走行速度120km/h以上にて検出可能なこと 検出範囲：サービス区間全域 検出精度：横位置検出精度±5cm以内 縦位置検出精度±1m以下（高速時）、±0.25m以下（低速時） 環境条件：路面冠水・積雪・凍結時に安定して動作する事 5cm以上の圧雪厚さ迄は安定して動作する事 設置条件：路面中への埋設が望ましい 基準点情報量：9ビット以上
路車間通信設備		通信対象：走行支援システム車両（自動二輪以上に搭載可能であること） 通信対象速度：0～120km/h以上 0～180km/h以上が望ましい 通信領域：自専道0～600m、一般道：0～420m 自専道：片側　3車線以上、一般道：往復　6車線以上 対象車両数：252台以上に対する個別通信 自専道600m 3車線　車両密度140台/kmとして　252台 一般道420m 往復各2車線　車両密度140台/kmとして　164台 情報更新周期(通信周期)：0.1s　、　通信時間遅れ：0.1s以下
路側処理設備		処理対象：支援レベルi車、支援レベルc車 処理内容：情報処理・運用管理機能 各ユーザサービスを実現する走行支援アルゴリズム 道路線形情報データベース管理 各装置全体の運用管理機能　等（機器故障管理・運用履歴管理 ・プログラムダウンロード機能・データベース管理等） 処理速度：0.1s以内に情報処理を完了すること(運用管理機能は除く)
各設備共通		気象環境：視程　200m以上（霧多発地域は50m以上） 時間雨量　50mm/h以下 風速　25m/s以下　の環境で動作すること 異常状態検出：機器固有の自己診断機能を備えること(位置検出支援設備は除く) 必要に応じて動作を停止すること 異常通知機能：機器異常検出時・動作停止時はその旨を通知する事

4.1.2　アーキテクチャの設計と評価に関する調査

AHS システムを構築するために AHS の論理構成を設定し、それをもとに装置レベルに対応する汎用的な物理モデルを策定した。

また、実際の設備設計を行うための設計条件もまとめた。

4.1.2.1　AHS サービスの論理モデルと物理モデルの策定

ＡＨＳサービスを実現するシステムは、まず、サービスの実現に必要となる機能を具体的な実現手段とは独立に詳細化し、論理的なシステム（以下「論理モデル」という）を作成して構築する。以下、ＡＨＳサービスを実現する機能を詳細化し、論理的な機能要素を抽出して論理モデルを組立てた。それを基に物理モデルを策定した。

(1)　サービスを実現するために必要な機能

ＡＨＳのサービス提供に伴い、車両（以下、サービスを受ける車両を「サービス対象車両」という）を含めた一連の動作を以下のように想定した。

(a)　ＡＨＳは、計測データの収集、走行支援情報の作成を行い、サービス対象車両に情報を伝達する。

(b)　サービス対象車両は、サービスの開始地点を通過することでサービスの開始を認識する。

(c)　サービス対象車両は、ＡＨＳが伝達する走行支援情報を入手する。

(d)　サービス対象車両は、入手した走行支援情報に基づいて注意喚起の情報を作成し、ドライバーに提供する。

(e)　ドライバーは、サービス対象車両から提供された注意喚起の情報に応じて運転操作を行う。

(f)　サービス対象車両は、サービスの終了地点を通過することでサービスの終了を認識する。

ここで、(e)項はドライバーの具体的な行動であり、ＡＨＳの範囲外である。(b)、(f)項は提供するサービスに依存しない内容であり、(a)、(c)、(d)項は提供するサービスによって具体的な内容が異なる。

以下では、(b)、(f)項は「サービスの開始・終了に必要な機能要素」と定義し、(a)、(c)及び(d)項は「サービス情報の提供に必要な機能要素」と定義してサービス別に解説する。ここでは機能要素の抽出内容を説明し、その構成をブロック図で示している。機能構成を示すブロック図の記載は、図 4.1.2-1 の表記説明に従っている。

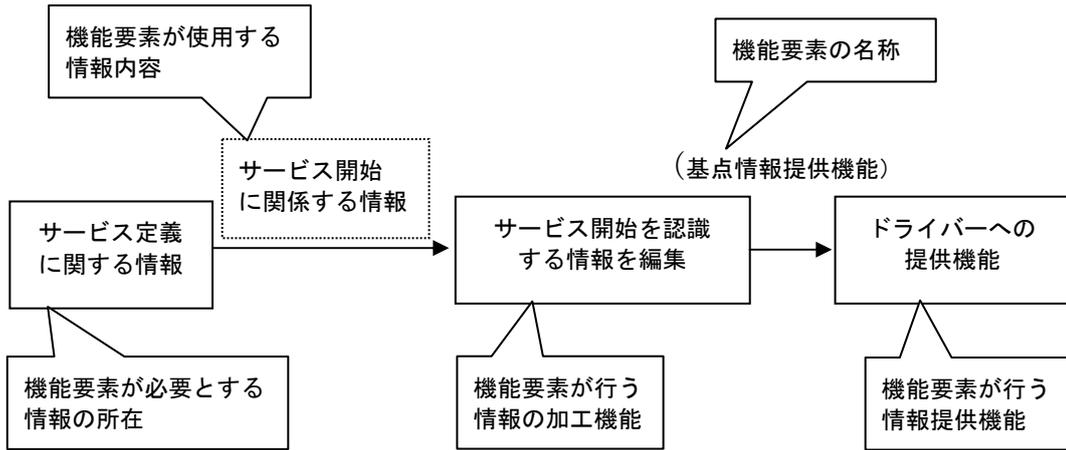



図 4.1.2-1　　機能構成図の表記説明

(2)　サービスの開始・終了に必要な機能要素

(a)　サービスの開始に必要な機能

サービス対象車両は、サービス開始位置（基点）及びサービス情報伝達位置で提供されるサービス内容を認識することで、サービス開始を認識する。この機能を実現する機能要素を以下のように設定した。

(ア)　基点位置を認識する機能

サービス対象車両が基点位置を認識しドライバーに提供する機能（基点情報提供機能）

(イ)　サービス内容を認識する機能

サービス対象車両がサービス内容を入手しドライバーに提供する機能（サービス内容提供機能）

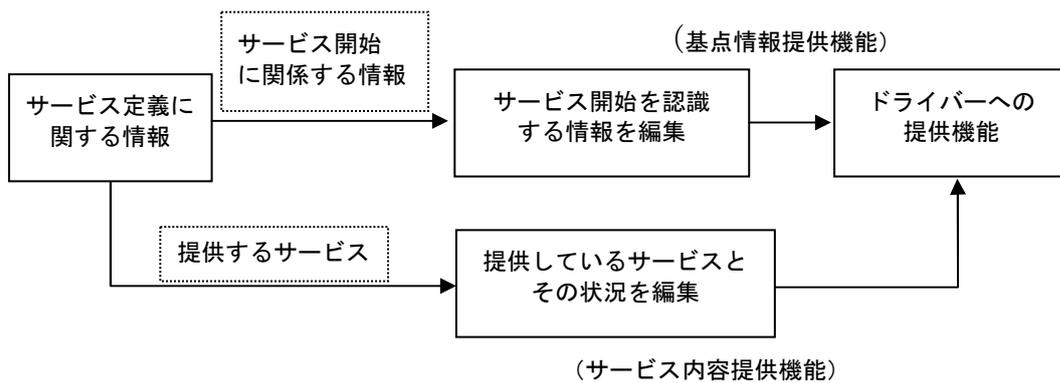



図 4.1.2-2　　サービス開始に必要な機能の構成

(b)　サービスの終了に必要な機能

サービス対象車両は、サービス開始から積算した自車走行距離がサービス区間距離に達したと判断するとき、サービス終了を認識する。この機能を実現する機能要素を以下のように設定した。

(ｱ)　サービス区間距離を認識する機能

サービス対象車両がサービス終了位置を認識しドライバーに提供する機能（サービス終了情報提供機能）

サービス定義
に関する情報
サービス終了
に関係する情報
（サービス終了情報提供機能）
サービス終了を認識
する情報を編集
ドライバーへの
提供機能

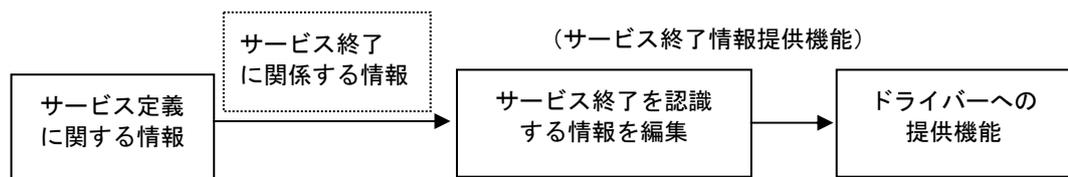



図 4.1.2-3　　サービス終了に必要な機能の構成

(3)　サービス情報の提供に必要な機能要素

(a)　カーブ進入危険防止支援サービス

(ｱ)　道路線形情報を用いてドライバーに情報を提供する機能

本機能は以下の内容で構成した。

・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データを管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

道路線形情報
（幾何構造）
サービス開始位置～終
了位置までの線形情報
道路線形データ
管理・編集
ドライバーへの
提供機能
（道路関連情報提供機能）

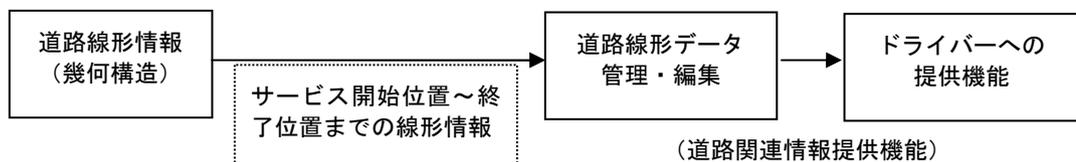



図 4.1.2-4　　カーブ進入危険防止支援サービスの構成

(b)　出会い頭衝突防止支援（接近時）サービス

(ｱ)　道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データ及び交差点形状を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

・交差点手前で停止するために必要な前方交差点の停止線位置情報を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（停止線位置情報提供機能）

サービス開始位置～終了位置までの線形と交差点形状情報

道路線形情報（幾何構造）

道路線形データ管理・編集

ドライバーへの提供機能

（道路関連情報提供機能）

前方交差点の停止線までの距離情報

停止線位置情報管理・編集

（停止線位置情報提供機能）

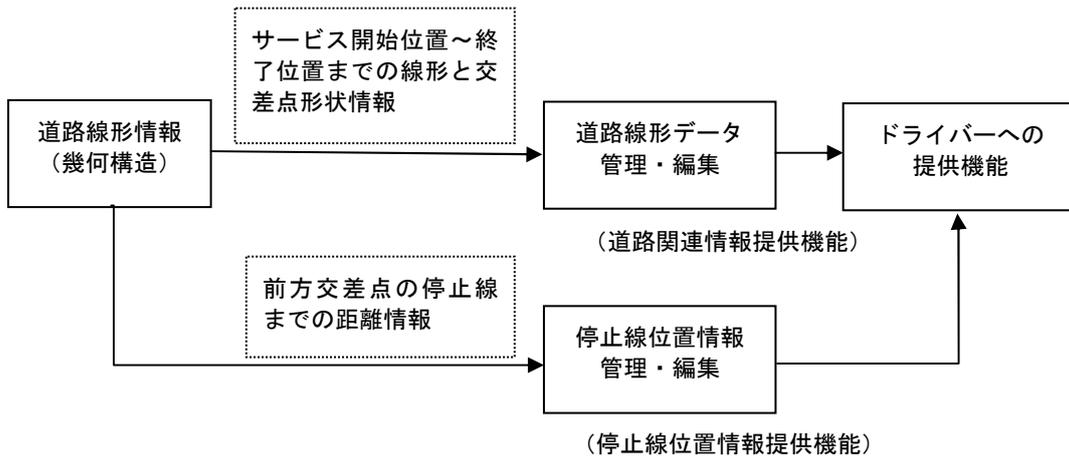



図 4.1.2-5　　出会い頭衝突防止支援（接近時）サービスの構成

(c)　出会い頭衝突防止支援（発進時頭出し）サービス

(ｱ)　道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データ及び交差点形状を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

(ｲ)　走行車両等を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・交差側の道路を交差点に向かって走行する車両及び歩行者の位置や速度等を検知・把握し、道路上の事象を抽出する機能（道路状況把握機能）

・交差側の道路を走行する車両及び歩行者の情報を編集し、ドライバーに情報提供する機能（交差車両情報提供機能）

サービス開始位置～終了位置までの線形と交差点形状情報

道路線形情報（幾何構造）

道路線形データ管理・編集

ドライバーへの提供機能

（道路関連情報提供機能）

車両と歩行者

道路上の車両及び歩行者の検知

交差側の道路上を走行する車両・歩行者の編集

（道路状況把握機能）

（交差車両情報提供機能）

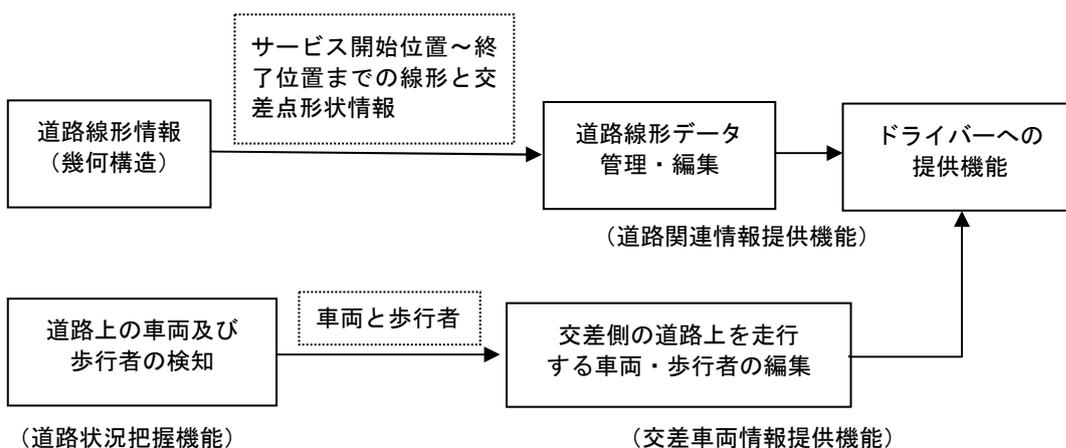



図 4.1.2-6　　出会い頭衝突防止支援（発進時頭出し）サービスの構成

(d)　右折衝突防止支援サービス

(ｱ)　道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データ及び交差点形状を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

・サービス対象車両の交差点進入方向と対向車線の対応付けを管理し提供する機能（サービス方向情報提供機能）

(ｲ)　走行車両等を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・対向する道路を交差点に向かって走行する車両の位置や速度等を検知・把握し、道路上の事象を抽出する機能（道路状況把握機能）

・対向する道路を走行する車両の情報を編集し、ドライバーに情報提供する機能（対向車両情報提供機能）

道路線形情報（幾何構造）
サービス開始位置～終了位置までの線形と交差点形状情報
道路線形データ管理・編集
（道路関連情報提供機能）
ドライバーへの提供機能
サービス基点と対向する道路の関係行者
交差点進入方向と対向車線の対応付け
（サービス方向情報提供機能）
道路上の車両及び歩行者の検知
（道路状況把握機能）
車両
対向する道路上を走行する車両・歩行者の編集
（対向車両情報提供機能）

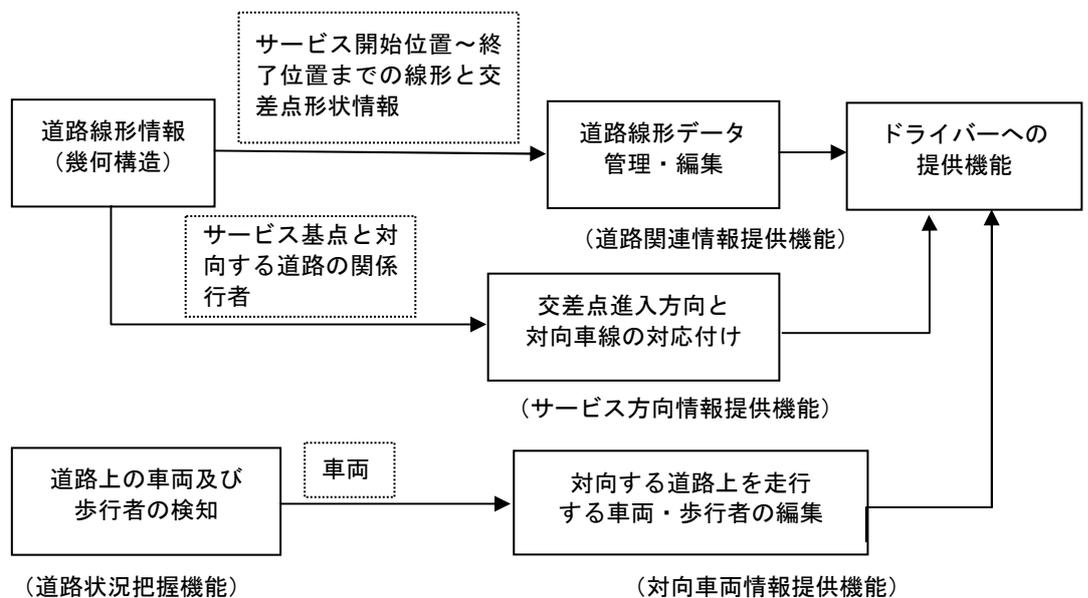



図 4.1.2-7　　右折衝突防止支援サービスの構成

(e)　横断歩道歩行者衝突防止支援サービス

(ｱ)　道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データ及び交差点形状を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

・サービス対象車両の交差点進入方向と横断歩道の対応付けを管理し提供する機能（サービス方向情報提供機能）

(ｲ)　歩行者を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・横断歩道上及びその周辺の歩行者を検出・把握し、横断歩道上及びその周辺の歩行者を抽出する機能（道路状況把握機能）

・歩行者の情報を編集し、ドライバーに情報提供する機能（横断歩行者情報提供機能）

サービス開始位置～終了位置までの線形と交差点形状情報
道路線形情報（幾何構造）
道路線形データ管理・編集
ドライバーへの提供機能
サービス基点と交差する道路の関係行者
（道路関連情報提供機能）
交差点進入方向と横断歩道の対応付け
（サービス方向情報提供機能）
横断歩道及びその近傍の歩行者の検知
歩行者
横断歩道及びその近傍の歩行者の編集
（道路状況把握機能）
（横断歩行者情報提供機能）

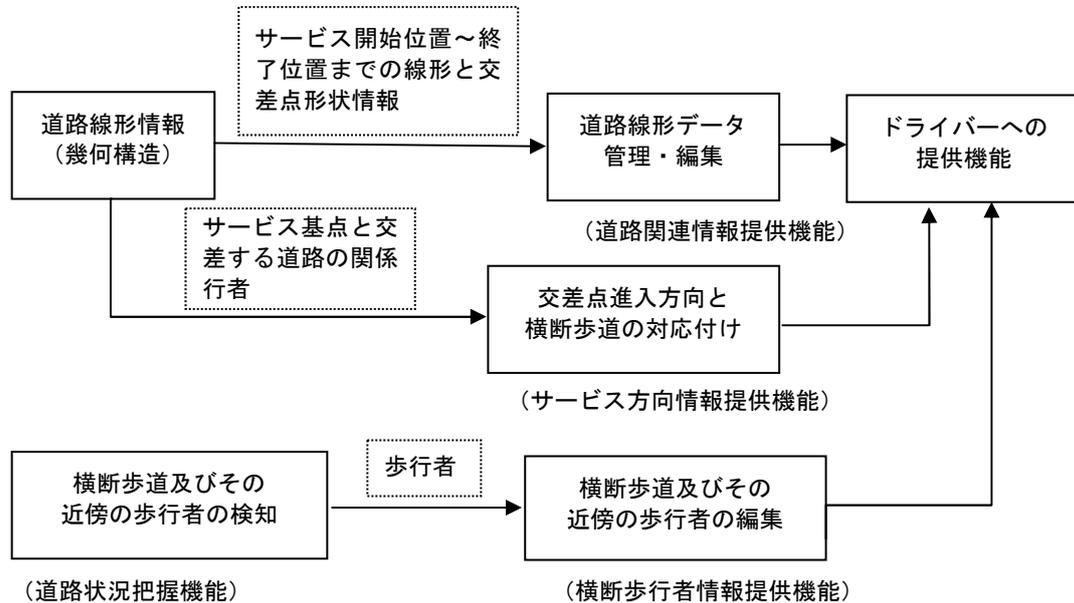



図 4.1.2-8　　横断歩道歩行者衝突防止支援サービスの構成

(f)　前方停止車両・低速車両情報提供支援サービス

(ｱ)　道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データを管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

(ｲ)　道路上の障害物を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・見通しの悪い区間等の障害物を監視し、障害物を抽出する機能（道路状況把握機能）

・抽出した障害物を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（障害物情報提供機能）

道路線形情報
（幾何構造）

サービス開始位置～終了位置までの線形

道路線形データ
管理・編集

（道路関連情報提供機能）

ドライバーへの
提供機能

道路上の障害物の
検知

（道路状況把握機能）

障害物

障害物の
管理・編集

（障害物情報提供機能）

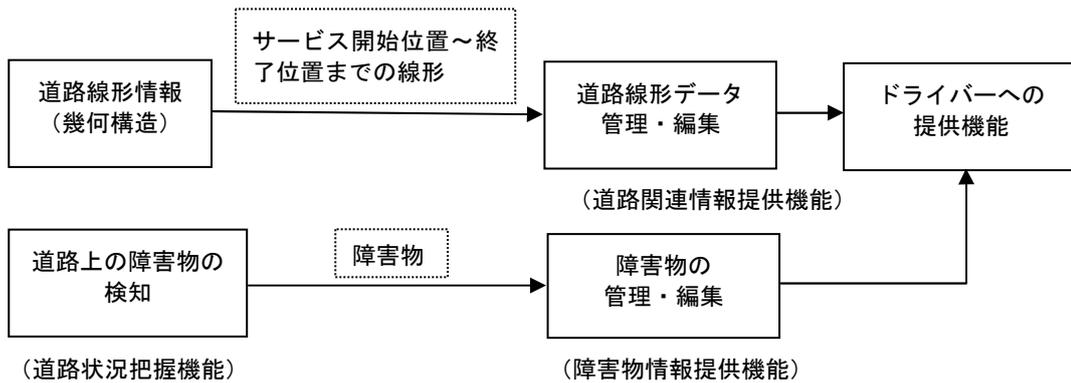



図 4.1.2-9　　前方停止車両・低速車両情報提供支援サービスの構成

(g)　路面情報提供支援サービス

(ｱ)　道路線形情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・サービス開始位置からサービス終了位置までの道路線形データを管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（道路関連情報提供機能）

(ｲ)　道路路面の状態を検知し、その情報を用いてドライバーに情報提供する機能

・路面状況が急変する区間の路面状態を監視し、路面状況を抽出する機能（路面状況把握機能）

・路面状況情報を管理・編集し、ドライバーに情報提供する機能（路面状況情報提供機能）

道路線形情報
（幾何構造）

サービス開始位置～終了位置までの線形

道路線形データ
管理・編集

（道路関連情報提供機能）

ドライバーへの
提供機能

道路路面の状態の
検知

（路面状況把握機能）

路面状態

路面状況の
管理・編集

（路面状況情報提供機能）

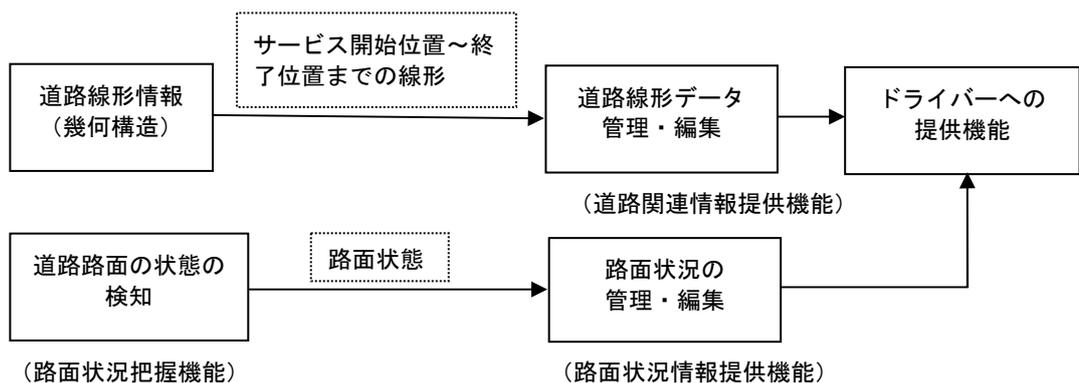



図 4.1.2-10　　路面情報提供支援サービスの構成

(4)　物理モデルの策定

(a)　路車機能分担と物理モデル

(ｱ)　想定する車載器の機能と路車機能分担の考え方

サービス対象車両と路側に配備する AHS 設備（路側の AHS 設

備）は、以下のように機能を分担する。

・ドライバの目視や車載センサで検知可能な範囲の事象は車両が担当する。

・ドライバや車載センサでは検知できない、あるいは検知が困難な範囲の情報は、路側の AHS 設備が担当する。

・路側の AHS 設備が伝達する情報に基づいて、サービス対象車両がドライバに情報を提供する。

サービス対象車両は、路側の AHS 設備から情報を受け、その内容に基づいてドライバに情報提供する。このような動作を実現するサービス対象車両に搭載される車載器の機能を想定し、路車間の機能分担を検討・設定した。

(i)　想定する車載器の機能

① 情報提供手段

サービス対象車両がドライバに情報提供するときの手段として、以下の装置を想定した。

・文字や図形を表示することでドライバの視覚に訴える表示装置

・音声を用いてドライバの聴覚に訴える音声出力装置

② 情報提供形態

路側の AHS 設備との関係においてドライバが勘違いしないように、以下の情報提供形態を採用した。

・路側の AHS 設備が正常のとき、サービス対象車両はサービス開始からサービス終了までサービス提供状態であることをドライバに知らせる。

・路側の AHS 設備が提供対象事象を検知したとき、サービス対象車両はドライバに事象に基づく情報を提供する。

・路側の AHS 設備が異常状態のとき、サービス対象車両はドライバにサービス停止中である旨を知らせる。

・サービス対象車両の車載器が異常状態のとき、サービス対象車両は自車両の異常をドライバに知らせる。

③ 情報提供内容

サービス対象車両は、路側の AHS 設備が伝達した情報に基づいて、ドライバの速やかな認知・判断を助ける情報を提供することを想定した。

(ii)　路車機能分担の検討

路側の AHS 設備とサービス対象車両が得意とする内容、不得意とする内容を検討し、その結果を基に機能を分担した。

① 路側の AHS 設備とサービス対象車両の機能比較

路側の AHS 設備とサービス対象車両の機能について、事象検出機能、事象判断機能、情報提供機能の 3 点から比較した内容を表

4.1.2-1 に示す。

表 4.1.2-1　路車の機能比較

機　能	項　　目	路側の AHS 設備	サービス対象車両
事象検出	車両の近傍	検知対象範囲は可能	常時可能
	車両から見えない箇所	検知対象範囲は可能	不可能
	事象検出箇所	監視設備を設置した箇所で可能	車両が走行する全ての道路で可能
事象判断	他情報と合わせた事象評価	事象検出箇所や他の情報を合わせた評価が可能	自車両が検出した情報と路側の AHS 設備から入手した情報を合わせた評価が可能
	情報処理できるデータ量	設置制約が基本的になく、処理能力は十分確保可能	設置制約があり、処理能力の確保に制約有り
	自車両挙動を含めた判断処理	車両の挙動状態を含めた判断は不可能	自車両の挙動状態と合わせた判断が可能
情報提供	ドライバへの情報提供特性	全てのサービス対象車両に対し、同一情報を提供	自車両の挙動に合わせた最適な情報提供が可能

(ｲ)　AHS の物理モデル

AHS サービスを提供するために必要な物理モデル（設備）は、路側の AHS 設備である 4 つの設備とサービス対象車両の合計 5 つである。

・道路状況把握設備
・路面状況把握設備
・路側処理設備
・路車間通信設備
・サービス対象車両

(i)　AHS に必要な機能の物理モデルへの展開

AHS に必要な機能（事象検出機能、事象判断機能、情報提供機能）を実現する物理モデルを以下のように設定した。

①　事象検出機能

事象検出機能は、道路状況把握機能と路面状況把握機能で構成する。道路状況把握機能は、サービスの対象となる道路部位を監視し、サービスの対象事象である車両、障害物、歩行者を検出する。路面状況把握機能は、路面状態を検出する。

これら 2 つの機能には関連性がないことから、各々独立した物理モデルを設定する。道路状況把握機能は道路状況把握設備に設定し、路面状況把握機能は路面状況把握設備に設定した。

②　事象判断機能

事象判断機能は、サービスの提供に必要な情報（道路線形情報、サービス内容等）を管理し、事象検出機能で検知した情報をもとにサービス対象車両へ提供するサービス情報を編集・作成する機能で

ある。本機能は、路側処理設備に設定した。

③ 情報提供機能

情報提供機能は、事象判断機能で編集・作成した情報を、サービス対象車両に伝達しドライバに提供する機能である。路側処理設備とサービス対象車両は物理的に接続されていないため、無線通信技術を用いた路車間通信設備で接続する。

本機能は、路側の AHS 設備からサービス対象車両への情報伝達を実現する路車間通信設備と、伝達された情報に基づき情報を提供するサービス対象車両に設定した。

④ 路側の AHS 設備とサービス対象車両の分担

論理モデルでは、路側の AHS 設備とサービス対象車両を含めた機能要素を定義した。物理モデルでは、「(ｱ)　想定する車載器の機能と路車機能分担の考え方」で規定した路車機能分担の原則に従い、サービス対象車両が分担する機能の定義が必要である。論理モデルとして定義した機能要素の中で、サービス対象車両が分担する情報提供に関連する機能要素とサービス対象車両の物理機能の関係を以下のように設定した。

- 「基点情報提供機能」と「サービス内容提供機能」は、サービスの開始を認識する機能であることから「サービス開始機能」に割付けた。
- 「サービス終了情報提供機能」は、サービスの終了を認識する機能であることから「サービス終了機能」に割付けた。
- 「道路関連情報提供機能」、「停止線位置情報提供機能」、「交差車両情報提供機能」、「対向車両情報提供機能」、「障害物情報提供機能」、「サービス方向情報提供機能」、「道路状況情報提供機能」「横断歩行者情報提供機能」、「路面状況情報提供機能」は、ドライバに提供する情報を作成し提供する機能であることから「提供情報作成機能」と「情報提供機能」に割付けた。
- 論理モデルには設定されていないが、サービス対象車両で提供情報を作成するときに自車両の状態が必要となる。このために、自車両の状態を認識する機能として「車両走行状態把握機能」を設定する。

論理モデルで定義した「・・・提供機能」は、路側の AHS 設備とサービス対象車両で機能分担しサービス対象車両の機能は上記により定義した。これに対応して路側の AHS 設備が実現する機能名称を「・・・管理機能」とした。

(ii)　物理モデルの構成

物理モデルとして設定した、道路状況把握設備、路面状況把握設備、路側処理設備、路車間通信設備の具体的な設備構成の考え方と機能分担の考え方を以下に解説する。

① 設備構成の考え方

路側の AHS 設備がその機能を実現するために、各機能を実行する時間的な要求には大きな違いがある。例えば、可視カメラ式センサを用いた道路状況の把握はカメラ映像を取り扱う関係でフレーム時間 1/30s の周期が要求される。一方､路側処理設備は路側の AHS 設備の情報処理周期である 100ms の周期が要求される。

一般に、設備構成を検討する一つのポイントとして「処理周期を揃える」がある。これは、個々の処理周期が異なることで発生する各処理の動作タイミングのズレによる不測の事態（情報処理の不具合）の発生を未然に防止する。つまり、安全性・信頼性の確保に寄与することになる。

また、個々の機能を実現するハードウェア装置について、技術の進歩に追随することを確保しなければならない。

以上の検討から、路側の AHS 設備は一つの設備で構成せず、複数の設備で構成する形を採用した。

② 機能分担の考え方

機能分担は、上記により設定した複数の設備で実現する情報処理の機能をどう分担するかがテーマとなる。

a. 道路状況把握設備と路側処理設備の機能分担

道路状況把握機能は、道路上をセンシングしそこで発生している事象を検出・把握する。道路状況把握機能はセンシングから事象検知機能までの機能を道路状況把握機能が分担する形とした。

b. 路面状況把握設備と路側処理設備の機能分担

路面状況把握機能は､道路上をセンシングし 0.5m×0.5m の単位で路面状況を検知し、そのメッシュデータを統合して 0.5m×車線幅の単位で路面状況を認識・把握するものである。路面状況把握機能はセンシングからメッシュデータ統合機能までの機能を路面状況把握機能が分担する形とした。

c. 路車間通信設備と路側処理設備の機能分担

路車間通信設備は、道路脇に設置し電波の送受信を行う空中線（アンテナ）と空中線を介して路側の AHS 設備とサービス対象車両間の情報交換を行うものである。

路車間通信設備は路側の AHS 設備とサービス対象車両の間で行うデータ送受信の機能を受け持ち、路側処理設備はサービス対象車両と送受信するデータの受け渡しを受け持つ形とした。

検討整理した物理モデルの構成を以下の図に示す。

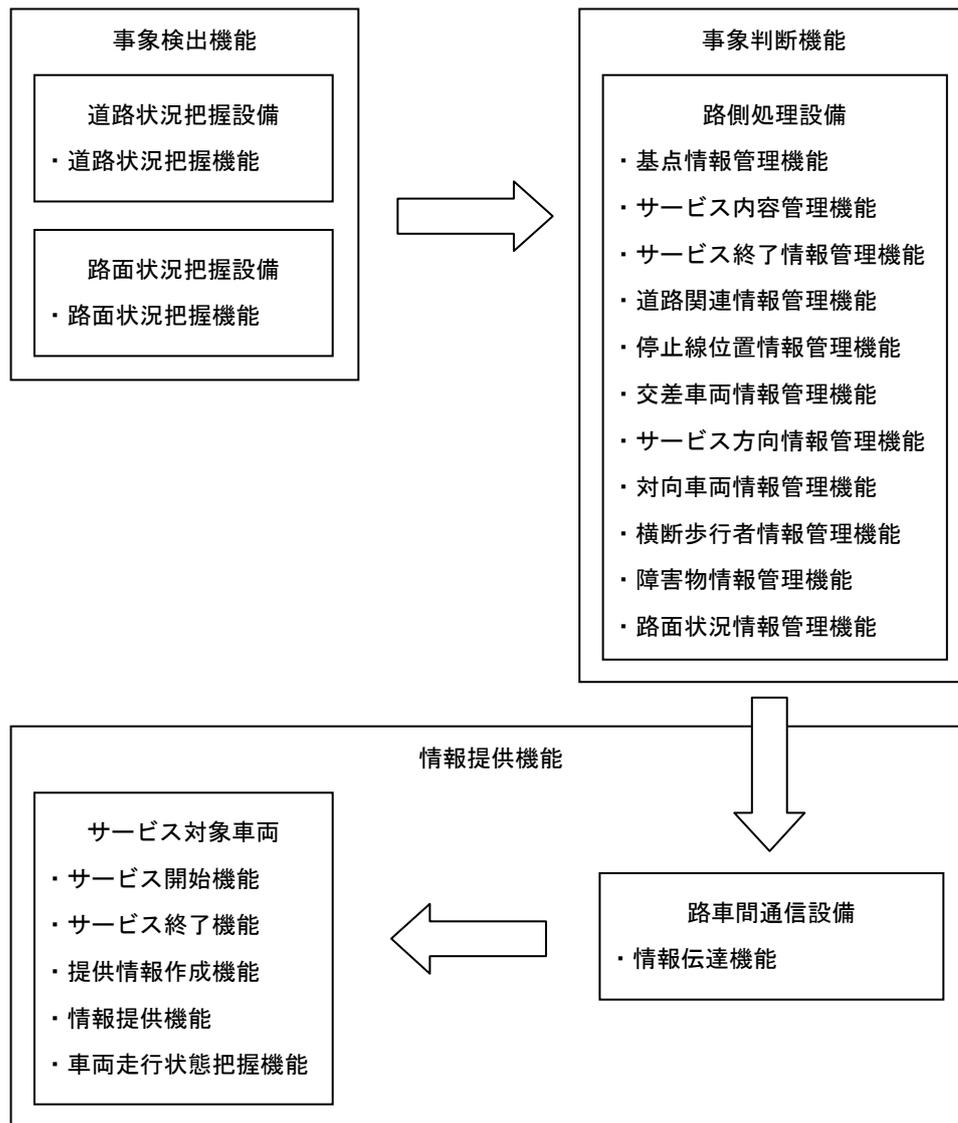



図 4.1.2-11　物理モデルの構成

4.1.2.2　ＡＨＳサービスの設計条件

AHS アーキテクチャの策定を受け、実際の設計に適用する条件を以下のように設定した。

(1)　気象条件

ＡＨＳサービスを提供する気象条件を、以下のように定めた。

・風速：25m/s 以下

・雨量：50mm/h 以下

・視程 : 50m以上（ただし、視程障害多発地域以外では 200m以上とする）

(2)　提供時間

昼夜 24 時間を通じたサービス提供を基本とする。

(3)　情報提供・反応時間

車両がドライバーに情報の提供を開始してからドライバーが反応を開始

するまでの時間を「情報提供・反応時間」と定義し、これを５秒と設定した。

(4)　提供する事象と伝達情報の精度

ＡＨＳが提供する事象と伝達情報の精度を以下のように設定した。

(a)　道路状況の提供

車道上の事象として、停止車両、低速車両、渋滞末尾を提供する。

(b)　路面状況の提供

車道の路面の状態として、乾燥、湿潤、水膜、積雪、凍結の５状態を提供する。

(c)　路側のＡＨＳ設備から車両に伝達する情報の精度

①　道路の形状等を表現する静的な情報の精度

測定点の精度は地図情報から入手する情報の精度を適用し、標準偏差 25cm 以内とした。

②　車両位置、走行速度等を表現する動的な情報の精度

道路状況把握設備の性能及び安全システムとしての要求精度等を考慮し、動的な情報の精度を以下のように定めた。

・車両等の位置：縦方向±５ｍ、横方向±１ｍ
・車両等の速度：±10％

(d)　路側のＡＨＳ設備を認識することによる車両での位置認識精度

①　基点位置認識精度

車両が認識する基点位置は、基点ＤＳＲＣとの交信が確立した位置である。この位置精度は設定位置に対して±５ｍとした。

②　位置補正位置認識精度

車両が認識する位置補正位置は、位置補正用情報ＤＳＲＣとの交信が確立した位置である。この位置精度は、設定位置に対して±５ｍとした。

(5)　路側のＡＨＳ設備の動作時間

路側のＡＨＳ設備の動作時間を 300ms に設定した。全体の動作時間の目標値として設定した 300ms を、路側のＡＨＳ設備を構成する要素の各設備に以下のように配分した。

・情報収集センサ設備：100ms
・路側処理設備　　　：100ms
・路車間通信設備　　：100ms

4.1.3　安全性・信頼性の設定に関する調査

走行支援システムにおける安全性・信頼性に対する考え方の参考として、既存の高信頼性情報システムにおける安全性・信頼性の確保に係る考え方について整理を行った。また、国際安全規格等の定義や安全水準を整理し、走行支援システムにおける安全性・信頼性に対する考え方の参考とした。

更に、一般的な安全性・信頼性解析手法について整理を行った上で、FTA の評価を各システム構成機器に対して実施した。

4.1.3.1　AHS の安全性・信頼性の定義と対応する指標

(1)　AHS の安全性・信頼性の定義

JIS B9705-1 の安全性・信頼性の定義と照らし合わせ、AHS の安全性・信頼性の定義を表 4.1.3-1 に示すように行った。

表 4.1.3-1　AHS と JIS における安全性・信頼性の定義

	JIS(JIS B 9705-1)	走行支援システム
安全性の定義	取扱説明書で特に指定した“意図する使用”の条件下で、傷害または健康傷害を引き起こすことなしに、機械がその機能を果たす能力。	想定された走行条件のもとで、ドライバに危険な状態を引き起こすような情報提供をすることなしに、走行支援システムがその機能を果たす能力。
信頼性の定義	機械、構成部分または設備が特定の条件のもとで、ある定められた期間にわたって故障せずに所要の機能を果たす能力。	走行支援システムがサービスを提供するべき時間内（一般車両が通行可能な時間）にわたって、故障せずに所要のサービス（危険な状態の有無の情報やシステムの動作状態の情報）を提供する能力。

(2)　AHS の故障の分類

走行システムの故障は、故障したことが検出できる「安全な故障」と故障したことが検出できない「危険な故障」に分類することができる。AHS における安全な故障と危険な故障の定義を表 4.1.3-2 に示す。

また、それぞれの一例を表の中に示す。

表 4.1.3-2　AHS システムの故障の分類

AHS システムの故障	定義
安全な故障	発生したことを検知することが可能であり、かつドライバに対して発生したことを通知することが可能な故障。ドライバは故障の発生を認識し、何らかの対処をすることにより危険な状態に陥ることを避けることができる。
危険な故障	発生したことをドライバに対して通知することができない、あるいは通知が間に合わない故障。ドライバは故障の発生を認識できず、対処をすることができないため、危険な状態に陥る。

4.1.3.2　単路系システムの安全性・信頼性

4.1.3.2.1　単路系 AHS システムの安全性・信頼性に関する共通の基本的考え方

(1)　基本的考え方

単路系 AHS システムの安全性・信頼性に関して共通する基本的考え方を以下に示す。

(a)　単路系 AHS システムの基本的構成は、

①センサ装置

②路側処理装置
③路車間通信装置
④路面情報板

の組み合わせであり、②路側処理装置と③路車間通信装置とは各システムにおいて共通の仕様である。

(b) 単路系 AHS システムとして、今回実道実験を実施する次の 5 システムを考える。
①前方停止・低速車両情報提供支援システム
②前方停止・低速車両情報提供インフラ単独システム
③路面情報提供支援システム
④路面情報提供インフラ単独システム
⑤カーブ進入危険防止支援システム

(c) 各システムの機能と性能はシステム設計リクワイアメント（例：AHS/ASV 共同定義書など）により定義されている。

(d) 使用される言葉の定義を行う。

(e) インフラシステムの 14 状態を定義する。

(f) 安全性・信頼性目標値の設定は次の手順で行う。
(ｱ) 適用するシステムの構成と機能、性能を明確にする。
(ｲ) インフラシステムの 14 状態に照らして危険側故障を定義する。
(ｳ) 定義した危険側故障の発生確率を推定する。（実験データ、シミュレーション、文献や実績データなどを使用する）
(ｴ) 危険側故障を低減する対策を検討する。検討した対策が技術的にも、経済的にも実現可能なレベルかどうか評価する。
安全側故障（危険な状態がないのに、有ると言う情報を出す）も頻発するとシステムへの信頼を損なうので、極力小さくする。
(ｵ) サービス断念、故障時間、保守時間などから稼働率を評価する。
(ｶ) 実現可能としたレベルが、例えば SIL1 のレベル（安全度×サービス稼働率≧0.9）を満足しているとか、前例があるシステムと同程度のレベルであるとか、社会的に許容されているシステムのレベルを満たしているかを確かめる。
(ｷ) 目標値を設定する。
(ｸ) システムが設置される場所で、最も事故が多い環境条件でも安全度とサービス稼働率が許容レベルを満たしていることを確認する。
(ｹ) 残るリスク対策を提案する。
(ｺ) 実験検証方法を定める。

4.1.3.2.2　路車協調システムの安全性・信頼性

単路系の路車協調システムとしては以下に示す 3 つのシステムである。

道路状況把握センサ → 路側処理装置 → 路車間通信処理装置 →（電波）→ 車載処理装置

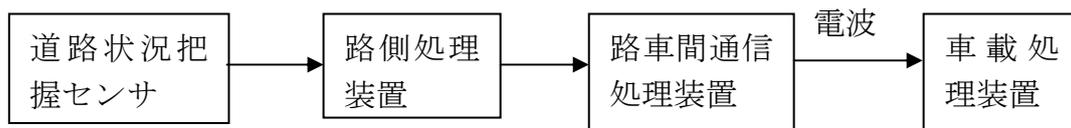



図 4.1.3-1　前方停止・低速車両情報提供支援システム構成

路面状況把握センサ → 路側処理装置 → 路車間通信処理装置 →（電波）→ 車載処理装置

図 4.1.3-2　路面情報提供支援システム構成

路側処理装置（道路線形固定情報） → 路車間通信処理装置 →（電波）→ 車載処理装置

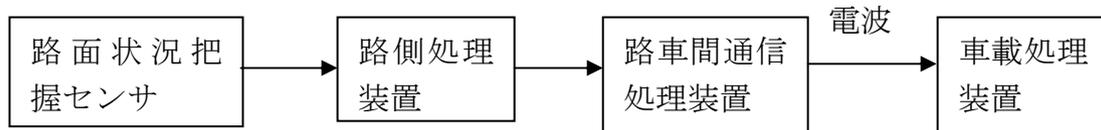
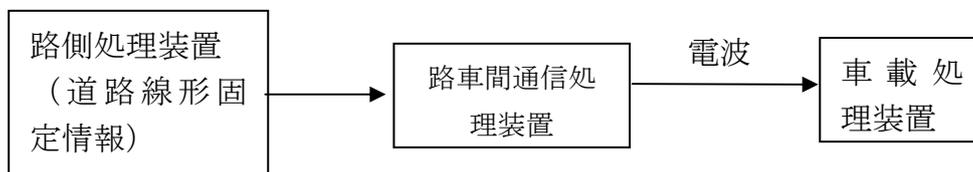



図 4.1.3-3　カーブ進入危険防止支援システム構成

以上の 3 システムでは、安全性・信頼性から見れば路側処理装置、路車間通信処理装置、（車載処理装置）は共通のものとみなされる。したがって、それらの違いはセンサの違いとセンサの有無である。

4.1.3.2.3　前方停止・低速車両情報提供支援システムの安全性・信頼性

(1)　危険側故障の特定と発生原因

本システムにおける危険側故障は、道路状況センサの未検出、機器構成やシステムの機械的故障、電波の遮断である。

(a)　道路状況センサの未検出

停止・低速車両の検出ができなくて、停止・低速車両があるにもかかわらずそのような車両はないという出力をだす。道路状況把握センサが停止・低速車両を検出できない原因は、主として道路の環境条件に左右される。

(b)　構成機器やシステムの機械的故障

ユーザに対する危険な状態は、故障発生とその故障状態が車両・ドライバに伝わらない状態が重なった時に発生する。

単路では、通信装置が故障して電波を発信することができないときがシステムの故障状態が車両側に伝わらないときである。通信装置の MTBF は 2.08E+4 時間、MTTR は 12 時間である。これらから、年間平均故障回数は 0.4 回、故障修理中時間は 5 時間になる。したがって、

AHS の機械の故障による危険側故障確率は 6E-4(5h÷8760h)で、きわめて小さいと言える。

注：　MTBF;　Mean Time Between Failure　平均故障間隔
MTTR；　Mean Time To Repair　平均修理時間

下表に示す、システムを構成する機器の MTBF、MTTR は、従来から実績のある類似システムから類推した数字である。

表 4.1.3-3　機器の MTBF 等

機器装置	MTBF （H）	年間故障回数 （回／年）	MTTR （H）	修理中時間（H）	保守休止時間（H）
センサ	9.01E+3	1.0	6	5.8	6
路側処理装置	1.75E+4	0.5	12	6	8
通信装置	2.08E+4	0.4	12	5	0.2
システム全体	4.63E+3	1.9	12	16.8	14.2

注：各 MTBF,MTTR、故障修理中時間などとの関係は次のようである。

1／MTBF(システム)＝1／MTBF(センサ)＋1／MTBF(路側装置)＋1／MTBF(通信装置)

年間故障回数＝8760／MTBF

故障修理中時間＝年間故障回数 xMTTR

(c)　電波の遮断

シャドウイングの発生確率をシミュレーションで算定した。

3 車線で、アンテナ高さ 8m、平均時速 100km/h の自由流、大型車の混入率 80%としたときの各車線でのシャドウイング率をシミュレーションした。その結果から、危険側故障の確率に、最も支配的な要因はセンサの危険側誤検出・未検出率であり、センサの誤検出・未検出率対策を行うことが重要であることがわかった。

表 4.1.3-4　シャドウイングのシミュレーション条件

i) シミュレーションモデル
3 車線の自動車専用道路
自由流で　平均速度:100km/h
車両は各車線の中央を走行
大型車の混入率:　約 80%
ii) 通信条件
通信領域:幅 3 車線、長さ 30m
アンテナ高さ:8m、第 1 車線の端に配置

普通車と大型車の車線毎台数配分　(台数)

	車線 1	車線 2	車線 3	計
普通車	217	897	2602	3716
大型車	1452	3374	1547	6376
総車両	1669	4271	4149	10089

全く通信できない普通車は、第 1 車線、第 2 車線では 0%で、第 3 車線で 4.7%あった。
走行車両が、車線中央から両側に偏って走行する場合、平均的には、中心から偏る距離に比例して減少する。第 2 車線で、0.12%の車両で通信が途絶える。

表 4.1.3-5　シミュレーション結果（シャドウイングの発生頻度（車数比））

	車線 1	車線 2	車線 3	計	計(比率)
普通車台数	217	897	2602	3716	1.000
シャドウイングなし	217	896	2201	3314	0.892
部分的通信可能	0	1	226	227	0.061
通信時間＝0	0	0	175	175	0.047

(2)　道路状況把握センサの未検出対策案の考え方

道路状況把握センサの未検出による、危険側故障の安全対策としては次のようなものが考えられる。

- センサのハード、ソフトの改善による性能向上
- センサフュージョンによる性能向上
- 安全側判断（フェールセーフ）
- センサの設置環境の改善
- 環境に対する性能限界でのサービス断念

サービス断念を行うと、サービス稼働率が低下して、システムに対するユーザの信頼感を損なうおそれがあるので、多用は出来ない。

図 4.1.3-4 に、安全度とサービス稼働率との関係を示す。

非稼働 ← サービス稼働率 → 稼働

安全な非作動

極力小さくする

危険な非作動

車両も含めたフェールセーフ

サービス断念

危険側故障をなくすために、サービス断念を多くすると、サービス稼働率が低下する。

経済性も考慮して、サービス稼働率を適正な値にするには、システムの性能改善と安

安全側判断

性能改善

極力小さくする

安全な作動

危険な作動

安全 ← 安全度 → 危険

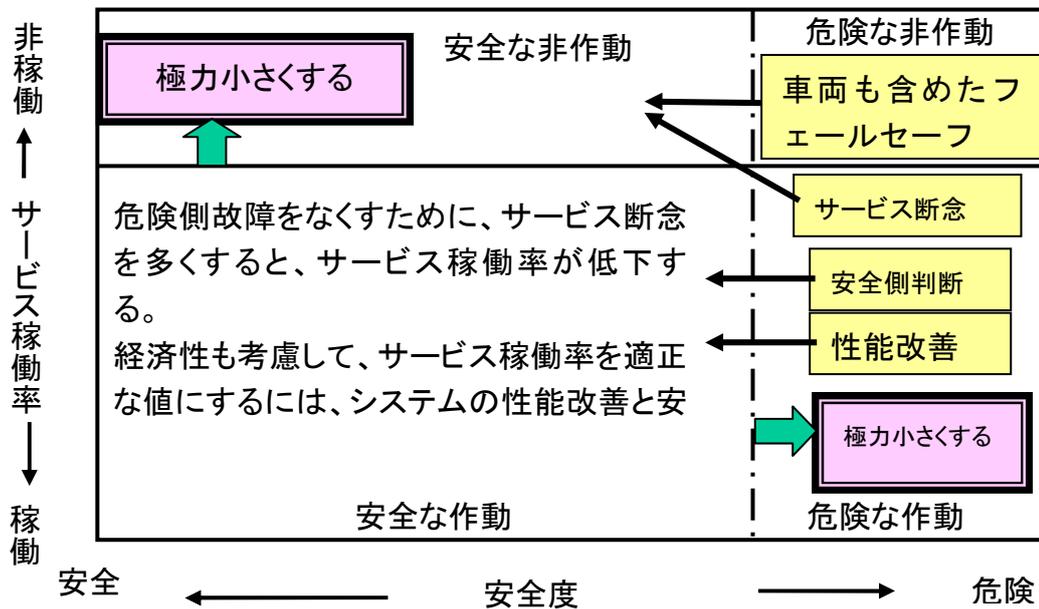



図 4.1.3-4　安全度と稼働率の関係

図において、危険側作動領域を小さくして、安全側作動領域を大きくしようとすると、性能改善と安全側判断（フェールセーフ）を行うのがよい。

危険側作動領域の一部を断念すれば、安全度は高まるが、安全側非作動領域が大きくなり、非稼働時間が増加して、サービス稼働率が低下する。

究明した道路状況把握センサの検出率を低下させる原因に対し、次の対策を行い、対策後の未検出割合を評価した。

・可視センサのみを使用した対策

・上記に加えてセンサフュージョンによる対策

(a)　可視センサのみを使用した対策

表 4.1.3-6　可視センサのみを使用した対策

No	問題となる事象	未検出割合	対策	対策後の未検出割合	備考
1	樹木などの縞模様の影で、車両が検出または追跡できない。	1.00%	a) 晴れの日で、影ができる時間帯はサービス停止。	a) 0.05%	a) 1 日 2 時間、晴れの日が 100 日とすると稼働率が、2.3%低下する。
			b) 既存センサ（ループ、超音波）を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	b) 0.15%	b) センサコストが約 1.3 倍,a)ほどではないが、稼働率低下あり
2	西日がカメラに直接はいり検出できない。	0.22%	c) 晴れの日で、西日がある時間帯はサービス停止。	c) 0.02%	c) 1 日 0.5 時間、晴れの日が 100 日とすると稼働率が、0.6%低下する。
			d) ハウジング、フードの改善、設置位置の工夫などでの改善。	d) 0.07%	
			e) 既存センサ（ループ、超音波）を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	e) 0.07%	e) センサコストが約 1.3 倍、c)ほどではないが稼働率低下あり
3	薄暮、夜間での照度が不足し、コントラスト不足	1.39%	f) 照明設備を増強して照度を上げる。	f) 0.19%	f) 設備コスト増となる
			g) 既存センサ（ループ、超音波）を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	g) 0.39%	g) センサコストが約 1.3 倍、稼働率低下あり
4	雨によるコントラスト不足、視程の不足	0.78%	h) 雨量計を併用し、強い雨では、サービス停止。	h) 0.23%	h) 稼働率が 0.3%低下する
			i) 既存センサ（ループ、超音波）を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	i) 0.08%	i)センサコストが約 1.3 倍、稼働率低下あり
5	車両と道路とのコントラスト不足	0.02%	j) 既存センサ（ループ、超音波）を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	j) 0.00%	j) センサコストが約 1.3 倍、稼働率低下あり
	未検出合計 検出率	3.41% 96.59 %		検出率 99.16 %～99.66 %	

既存センサの併用と照明設備の増強などの対策で、検出率 99%を超える

(b)　さらにセンサフュージョンによる対策を行う場合

表 4.1.3-7　センサフュージョンによる対策も行った場合

No	問題となる事象	未検出割合	対策	対策後の未検出割合	備考
1	樹木などの縞模様の影で、車両が検出または追跡できない。	1.00%	a) 赤外センサやミリ波センサとのフュージョン	a) 0.05%	a)　センサコストが約 2.2 倍
2	西日がカメラに直接はいり検出できない。	0.22%	b) 赤外センサやミリ波センサとのフュージョン	b) 0.01%	b) センサコストが約 2.2 倍
3	薄暮、夜間での照度が不足し、コントラスト不足	1.39%	c)　赤外センサやミリ波センサとのフュージョン	c) 0.04%	c) センサコストが約 2.2 倍
			d)　赤外センサやミリ波センサとのフュージョンと照明設備の増強	d)　0.01%	d)　センサコストが約 2.2 倍および照明設備コスト増となる
4	雨によるコントラスト不足、視程の不足	0.78%	e)　センサの数を増やし、センサ 1 個当たりの検出範囲を狭める	e)　0.02%	e) センサコストが約 2 倍
			f)　センサの検出範囲を狭めたうえに、既存センサ（ループ、超音波）を併用して、可視センサのエラー時にサービス停止。	f)　0.00%	g)　センサコストが約 2.3 倍
5	車両と道路とのコントラスト不足	0.02%	g)　赤外センサやミリ波センサとのフュージョン	g)　0.00%	g) センサコストが約 2 倍
	未検出合計 検出率	3.41% 96.59 %		検出率 99.9 %～99.93 %	

＊センサフュージョンによる対策：　可視センサでは、明暗のコントラストで車両を判断するが、コントラストが低いとき、赤外センサは温度差で検出しているので、車両と路面の温度差があれば、検出できる。また、ミリ波レーダは、電波の反射で車両を検出するので、明暗のコントラストや温度差がないときでも検出できる。

結果として、未対策の場合、対策を行った場合のセンサ検出率は、表 4.1.3-8 の通りとなる。

表 4.1.3-8　対策前後のセンサの検出率のまとめ

	未対策	(a) 可視センサのみを使用した対策	(b) (a)にセンサフュージョンを加えた対策
センサ検出率	96.59%	99.16～99.66%	99.9%～99.93%

(3)　稼働率の考え方

システム稼働率は、システムが故障して修理が完了するまでの故障中時間と定期的な保守点検時間を、情報を提供するべき時間から差し引いた時間の情報を提供するべき時間に対する割合である。

また、サービス稼働率は、上記システムの故障時間と保守点検時間とシステムが情報提供を断念した時間を、情報を提供するべき時間から差し引いた時間の情報を提供するべき時間に対する割合である。

システムが情報提供を断念する時間はセンサの検出限界で生じる。年間のシステムの故障時間と保守点検時間は、類似システムの実績値から次のように推測できる。

前方停止・低速車両情報提供システムでは、路側表示板を除いて、サービス断念時間 278 時間､故障時間 16.8 時間､保守点検時間 14.2 時間である。

表 4.1.3-9　システム構成機器のサービス休止時間

装置機器	サービス断念時間	故障修理中時間	保守点検時間
センサ	278 時間	5.8 時間	6 時間
路側処理装置	0 時間	6 時間	8 時間
通信装置	0 時間	5 時間	0.2 時間
システム全体	278 時間	16.8 時間	14.2 時間

1 年間の情報提供時間は 24 時間 x365 日＝8760 時間である。

注：故障修理中時間、保守点検時間は　機械故障の項を参照。

サービス断念時間は以下のように推定した。

(a)　朝日や夕日で樹木などの縞模様の影が出来る時間が 1 日 2 時間で、晴れの日が年間 100 日として 200 時間

(b)　直射日光がカメラに入り断念する時間が 1 日 0.5 時間で晴れの日が 100 日で 50 時間

(c)　30mm/以上の大雨や夕方に照明が点灯される直前の時間などその他を合わせて 28 時間として全体で 278 時間と見積もった。

(4)　実証実験システムの安全度、稼働率の仮目標設定

(a)　安全度

- センサの未検出率は 4%未満で安全度 96%
- 路車間通信装置のシャドウイングは多く見積もって 1%未満だから安全度は 99.1%
- 路側処理装置の危険側機械故障は限りなく 0 に近いので、安全度は 99.9%とした。

(b)　システム稼働率

- それぞれの機器設備で、年間 8760 時間から故障修理中時間と保守休止時間を差し引いた時間の年間 8760 時間に対する割合を算出した。
- 個別の構成設備の稼働率は4桁目以下を切り捨てているので、システム全体は各設備のシステム稼働率の積から求めると誤差が大きくなるので、システム全体の故障修理中時間、保守休止時間から算出した。

(c)　サービス稼働率

- センサはサービス断念時間 278 時間が主因で 96.5%とした。
- 路車間通信装置はシャドウイングそのものの時間は短いがサービスするべき時の時間欠損として考えて、安全度と同じ 99.1%とした。

(d)　安全度水準

この目標値は安全度 95%以上、サービス稼働率 95%以上であり、安全度×サービス稼働率　≧90%　で安全度水準（SIL）1 を満たしており、社会的にも許容できるレベルと考える。

表 4.1.3-10　安全性・信頼性目標値

	安全度	システム稼働率	サービス稼働率
システム全体	95%以上	99%以上	95%以上
センサ設備	96%以上	99.8%以上	96.1%以上
路車間通信設備	99.1%以上	99.9%以上	99.1%以上
路側処理設備	99.9%以上	99.8%以上	99.8%以上

(5)　残るリスクに対する対策案

(a)　人間系まで含んだ対策

例えば、道路状況把握センサの未検出の場合、危険な状態があるにも係わらず、ドライバに情報が伝わらないことがあり、ドライバがシステムに依存していることにより、システム導入前より危険になる恐れがある。同様に、電波の遮断の場合にも、システムが正常に稼動しているか否かドライバにわからないため、危険の有無をドライバに認識させることが必要である。

システム導入箇所は、事故多発地点であることが想定されるため、危険な状態の有無に係わらず慎重運転を促す情報を提供する対策が有効であると考えられる。

以降では、危険な状態の有無に係わらず慎重運転を促す情報を提供する対策について検討する。

(ｱ)　JARI のドライビングシミュレータでの実験

JARI のドライビングシミュレータを用いて、停止車両が見える

直前の表示内容による平均速度の変化に関する実験が行われている。その実験条件を図 4.1.3-5 に示す。実験結果は図 4.1.3-6 に示すとおりであり、「停止者あり」の表示では平均速度を大きく下げることが明らかになった。また、「この先カーブ」のような慎重運転を促す表示によっても、平均速度を下げる効果があることがわかった。

実験条件：
(ｱ)　250R のカーブで、80m 手前に来なければ見えない所に停止、車両を置く（ない場合もある)。
(ｲ)　直線部分では、120km/h で走行し、カーブの部分はドライバの判断で走行する。
(ｳ)　情報は、車内と路側表示板の組合せで出す。
(ｴ)　被験者は 20 人。
(ｵ)　情報は、
(i) 表示を出さない
(ii)「停止車あり」の情報提供
(iii)「この先カーブ」の情報提供

図 4.1.3-5　実験条件

実験結果

停止車両が見える直前の平均速度を比較した

表示を出さない
「停止車あり」の情報提供
「この先カーブ」の情報提供
80
100
カーブ進入速度(km/h)

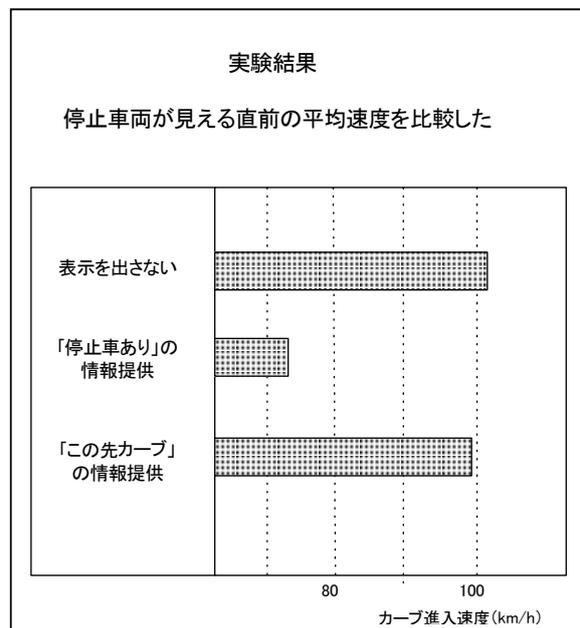



図 4.1.3-6　実験結果

(ｲ)　慎重運転を促す情報提供の効果

JARI のドライビングシミュレータの実験結果より、慎重運転を促す情報提供で、カーブ進入時の車両速度が図 4.1.3-7 のように抑制されると考えられる。

(1) システム導入以前のカーブ進入 → カーブ進入速度
(2) 「停止車あり」の情報で減速
(3) ドライバがシステムに依存している場合、何も通報がないとカーブ進入速度が増加
(4) 慎重運転を促す情報提供で進入速度を抑制

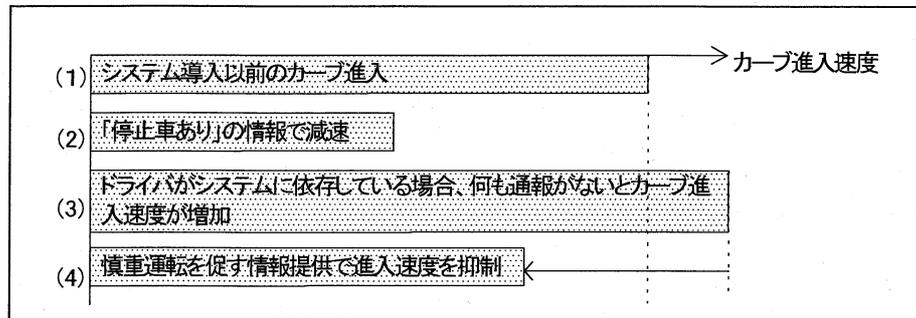



図 4.1.3-7　慎重運転を促す表示の効果

JARI の実験から、慎重運転を促す何らかの運転注意表示を行うことにより、カーブ進入速度を抑制する可能性があることが分かった。この表示をさらに効果的にするためには、情報の与え方等を検討する必要がある。

(ｳ)　具体的な対策案

停車車両があるにも係らず道路センサ未検出のために、無表示であると、ドライバが停止車両の発見をするのが遅れ、危険である。道路センサ未検出の場合に、慎重運転を促す表示を行うことで、その危険性が軽減できると予想される。

対策前
よし大丈夫。
無表示
対策後
危険な場所だ。慎重に運転しよう。
この先、事故多発箇所、注意
慎重運転奨励の情報

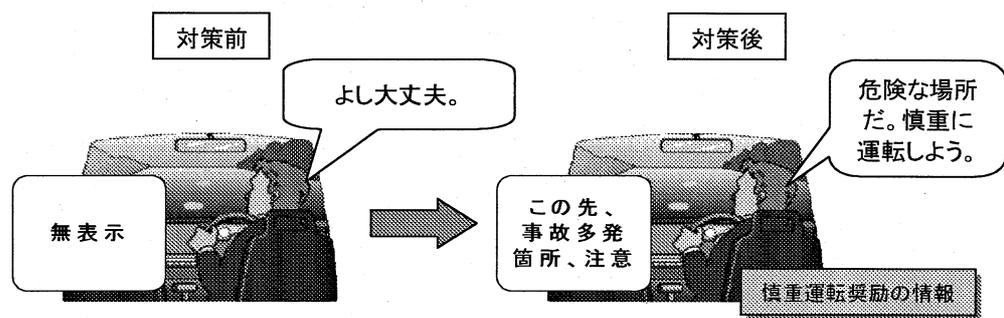



図 4.1.3-8　道路センサ未検出に対する対策案

一方、電波の遮断に対しては、次のような対策が有効であると思われる。電波の遮断が起こった場合には、車両側に情報が渡らないので、無表示になると考えられる。停車車両等がない通常時に、無表示であると、停止車両がないのか、電波が遮断されているのか区別がつかなくなり、実際に停止車両があって電波が遮断された場合は、ドライバが停止車両を発見するのが遅れて危険で

ある。そこで、図 4.1.3-10 に示すように、通常時に慎重運転を促す表示を行うことで、電波の遮断と区別する対策が有効であると考えられる。

(i) 通常の状態と電波遮断の状態（危険な状態の可能性）の区別をドライバへ伝えることが必要

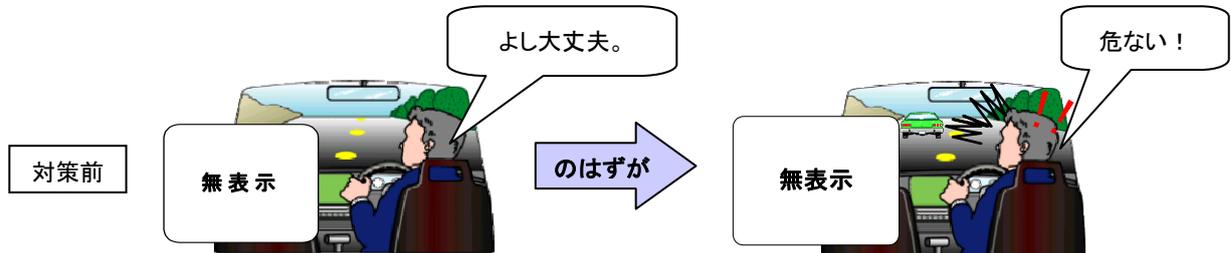



図 4.1.3-9　電波の遮断に対する対策案（対策前）

(ii) 通常時に表示される画面と電波遮断の状態（欠報）との表時差を設けて、ドライバに注意喚起

図 4.1.3-10　電波の遮断に対する対策案（対策後）

(b)　ドライビングシミュレータでの実験検証

リスク低減策として、このような対策が有効かどうかを調査するために、ドライビングシミュレータ（DS）を使って実験検証した。

DS での検証項目：

・ 慎重運転奨励情報の効果

サービス断念時や欠報（危険な状態を検出できないとき）時のフェールセーフ効果を検証する。

・ 調整中情報の効果

システムの保守点検時や故障時に調整中の情報を提供してドライバの注意を促すことを検証する。

・ 誤った情報を提供することによるシステムに対する不信感の有無

誤報（危険がないのに危険と言う）や欠報の後にその影響を受けてドライバの行動が変化するかどうかを確認する。

(ｱ)　実験方法

情報提供の効果を評価する指標として、停止車の 100m 手前（停止車が見える直前）での速度で評価する。

(i) 実験コースの設定と情報サービス

① 左右各 2 回のカーブで周回コストし、全てのカーブでサービスあり。

② 路側表示板は 2 箇所設置する。(情報は 2 回出る)

③ 車内の情報は 1 回と 2 回とがある。（慎重運転情報では、1 回目の情報で速度が 90km/h 未満になると 2 回目の情報は出ない）

(ii) 実験の条件

① 250R のカーブの中間に停止車を置く。約 80m 手前で見える。

② 直線部分では 120km/h で走行し、カーブではドライバの裁量で走行する。

(iii) 実験の手順

① 実験の順序はランダムに配置する。

② 被験者は 20 人とした。

(ｲ)　実験結果

20 人の被験者のなかで、情報に反応して速度を抑制するドライバと情報にほとんど反応しないドライバの 2 つのグループに分かれた。情報に反応するドライバは 14 人、情報を無視するドライバは 6 人であった。分析はこの 2 つのグループに分けて行った。それぞれのグループでの各情報に対する速度の平均値と平均値の差の有意差検定を 95%の確からしさで行った。

(i) 慎重運転奨励情報の効果

慎重運転奨励情報は速度を抑制させて慎重な運転を促す効果があった。

① 情報反応者：

サービスなし 94.4km/h→「事故多発地点」と「速度注意」情報 78.7km/h

② 情報無視者：

サービスなし 108.5km/h→「事故多発地点」と「速度落とせ」情報 94.3km/h

(ii) 調整中情報の効果

調整中情報は情報反応者には速度抑制効果があった。情報無視者には、速度抑制効果はなかったが加速を高めるような悪影響はなかった。

①情報反応者：

サービスなし 94.4km/h→路車での「調整中」情報 81.8km/h

②情報無視者：

サービスなし 108.5km/h→路車での「調整中」情報 105.3km/h

(iii) 誤った情報を提供することによるシステムに対する不信感の有無

誤った情報による不信感は今回の実験では認められなかった。

①情報反応者：

通常の「停止車注意」60.5km/h→誤報後の同じ情報 61.3km/h

②情報無視者：

通常の「停止車注意」100.7km/h→誤報後の同じ情報 97.7km/h

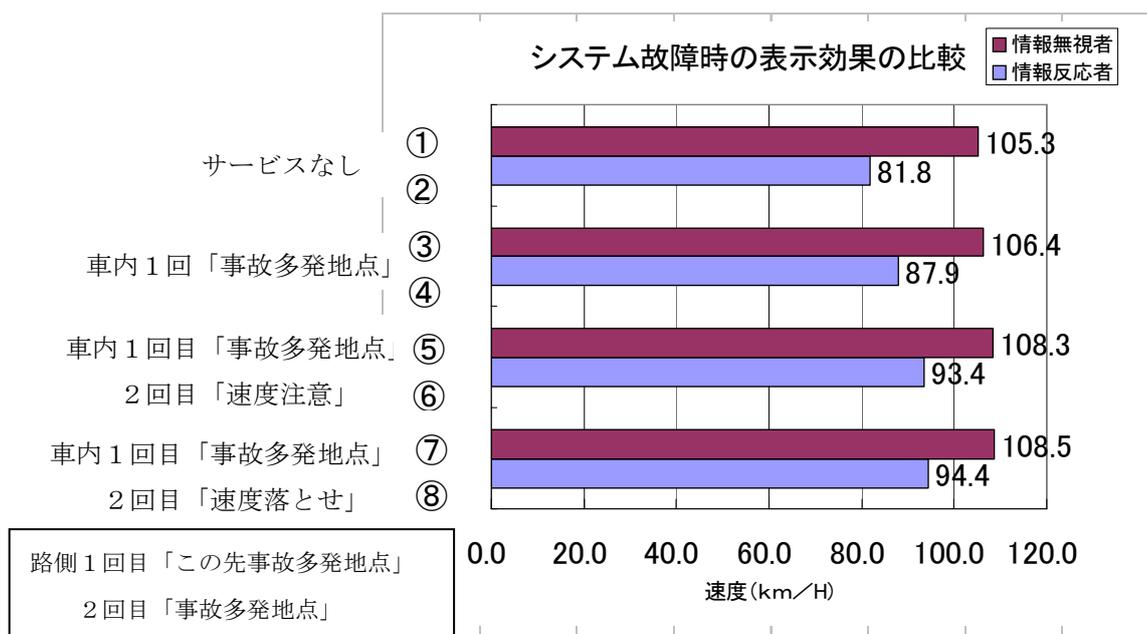



図 4.1.3-11　結果の１例

残るリスクに対して、インフラシステムだけで対応することは、電波の遮断対策など技術的に困難も多く、さらに設備も膨大になり、実用的でなくなってしまうおそれがある。また、100%の安全度を確保することは、論理的にも不可能である。事故はドライバのミスで生じるものであり、情報提供のシステムはドライバのミスを低減するために情報を提供するものである。そこで、車両やドライバをも含めた走行支援全体システムでの安全対策を検討した。

この考え方は、ドライバに AHS システムの状態を理解してもらい、危険な状態があるかもしれないと、慎重な運転をしてもらうことである。このために、ドライバに的確な情報が伝わるように、車両側の協力を得て、HMI を工夫する。

(6)　仮目標値検証のための実証実験方法

実証実験では、仮目標で設計、製作されたシステムが目標値通りの性能を発揮しているかの検証を行うが、その方法について検討した。

表 4.1.3-11　仮目標値検証のための実証実験方法案

目標項目	目標値	実験方法案
システム安全度	95%以上	実道において 1 週間(数百サンプル程度)の実交通の映像を取得する。停止・低速車を映像から視認で抽出し、送信ログとの照合で、停止・低速車情報が出力されていることを確認することにより、センサ～基地局までのシステム安全度を検証。 また、通信安全度と統合して、システム安全度目標値が達成されていることを検証する。 送信ログの停止・低速車情報に対応する時刻の映像に、停止・低速車が存在するかを視認で確認し、安全側に誤判断する率を計測する。 上記は、実験時の環境条件（天候等）・交通条件（交通量）を分類して評価する。
センサ安全度	96%以上	実交通映像と記録評価装置に記録したセンサ出力データ（車両の位置データ、速度データ、車線毎の台数カウント等）との照合、およびデータ解析（グラフ化等）により、センサの検出率や計測範囲などのセンサ性能を検証評価する。また、足柄SA や日出 JCT での実験結果をもとにパラメータチューニングを実施し、性能評価とパラメータチューニングのカテゴライズを実施する。 また、検出出力の正解率、停止・低速車両があると出力したときの情報正確率、誤報率も評価指標として収集する。
通信安全度	99.1%以上	1～2 ヶ月の実験期間に 1000 回以上の走行を行い、基点DSRC・情報 DSRC が正常に受信できるか確認 同時に、実験車両内および路側から走行状況を映像で記録し、周辺の大型車両位置等の条件を分類して評価
システムサービス稼働率	95%以上	本来は、システムの稼働率の実績を計測する実験を実施するべきだが、数ヶ月の短期間の実験では故障・異常が発生せずに、稼働率が計測できないことが予測され、別途、長期的な運用検証を行う必要がある。 参考データとして、実験期間中（2 ヶ月間程度）にセンサのギブアップによるサービス停止の時間を実道実験システムのシステム現況ログより算出する。（2 ヶ月間程度）
センササービス稼働率	96.5%以上	考え方は、基本的にサービス稼働率の評価方法に同じ。センサ単体としてはパラメータチューニングを終えた後、確信度判定で「0」（確信度無し）を出力している時間を統計的に処理し、稼働率を算出する。

4.1.3.3　複合システムの安全性・信頼性

路車協調システムの複合システムとしては、前方停止・低速車両情報提供支援と路面情報提供支援とカーブ進入危険防止支援の３つのサービスを組み合わせたシステムである。ASV/AHS 共同システム定義書によると、それらのサービスが同時に行われるか引き続いて行われるかという運用であり、相互の情報がお互いに影響を与えるような運用はしないことになっている。

このようなシステムの定義から、安全性や信頼性の目標値の考え方は既に検討したそれぞれの単独サービス毎に目標値を定め、それぞれ列記すればよいということになる。

インフラ単独システムの場合も前方停止・低速車両情報提供支援と路面情報提供支援の組み合わせがあるが、路車協調システムの複合システムの場合と同様に考えることができる。

インフラ単独システムの拡張として、路車連携して路側表示板と路車間通信による車内表示とを行う場合には、表示系が 2 重系となり何れかが正常に動作しておればドライバに情報が伝達されるので安全度とサービス稼働率は改善される。

システム全体としての安全度やサービス稼働率はセンサの安全度やサービス稼働率が支配的であるので、仮目標値はインフラ単独システムの仮目標値と同じであると考える。

残留リスクへの対策、実道実験での検証方法も単独サービスで行う方法と全く同じである。したがって、単独システムで目標値の達成が検証されれば、複合システムにおいても検証されたと考えてよい。

4.1.3.4　交差点系システムの安全性・信頼性

交差点系システムには、ASV/AHS 共同定義書によれば右折衝突防止支援システム、出会い頭衝突防止支援システム（接近時支援、発進時支援）、横断歩道歩行者衝突防止支援システムがある。

交差点系システムにつては車両や歩行者の動きが複雑であり、センサの性能と配置、通信のためのアンテナ配置、ドライバへ情報を伝える HMI などの検討が十分ではない。

(1)　右折衝突防止支援システムの安全性の検討

交差点系のシステムで、上記の課題をかかえていて、凡そほとんどのシステムの課題につながるシステムとして、右折衝突防止支援システムを選んで検討を行った。

(a)　システムの構成と機能

走行車線の車両センサ
すり抜けゾーン車両センサ
路側処理装置
通信処理装置
電波
車載 処理装置

図 4.1.3-12　右折衝突防止支援システム構成

アンテナ B
車線走行車両センサ
すり抜けゾーン
すり抜け車両センサ
電波
右折車
電波
アンテナ A
検出対象：本線とすり抜けゾーンの先頭から1，2，3台目
および4台目以降の位置（縦横）、速度、4台目以降の長さ

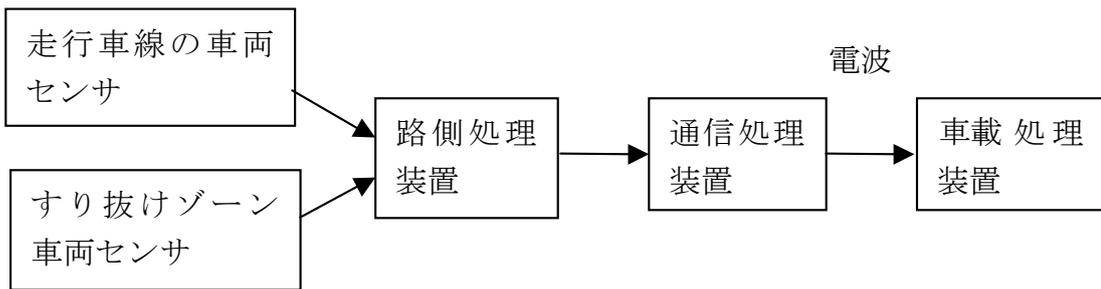
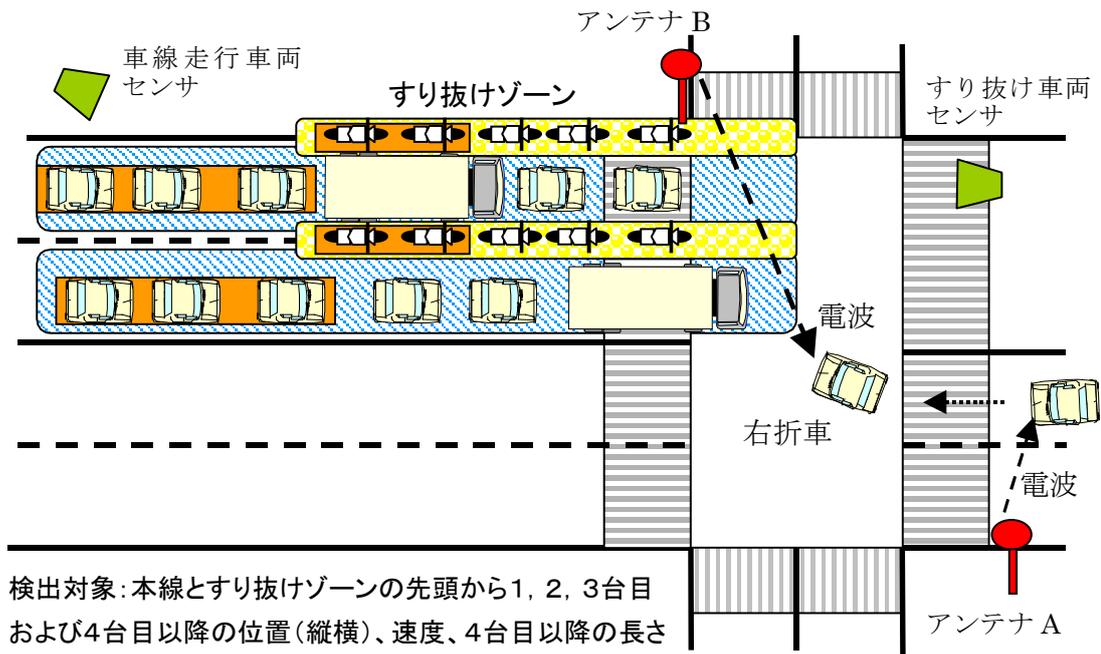



図 4.1.3-13　システム機器配置と検出すべき車両

ASV/AHS 共同定義書によれば、交差点を挟む前後のセンサ群で本線車線とすり抜けゾーンを走行する先頭から１、２、３台目までの車両および４台目以降の車両群の位置と速度、最後尾までの長さを検出する。
その情報をアンテナＡで右折車両が交差点に進入する前に提供する。
右折車両が交差点に進入すると電波の方向が切り替わり更新された情報が伝達されて右折車両の頭だしを支援する。

(b)　右折車両と直進車両との衝突事故分析

右折車両と直進車両との衝突による事故のミクロ分析の結果を表 4.1.3-12 に示す。（財）交通事故総合分析センタ（ITARDA）の調査を参照して 37 件の事故を抽出した。

対向車が物理的に見えない場合が 14 件あり、渋滞でのすり抜け車両、対抗直進車の後ろの車両への衝突が多い。しかし、対向車が見えていても思い込みや判断ミスによる事故が多く、注意を促すことで事故を

防止できる可能性がある。

表 4.1.3-12　右折車両・直進車両衝突事故分析

支援対象右折車から見た対向車の状況	衝突の恐れのある対向車が存在する										
	対向車が見えない(自覚していない)						対向車は見えている				
要因パターン	物理的に見えない					ドライバの心理的要因で見落とす	右折できるとの判断ミス	対向車両挙動に対する予測ミス			対向車の信号無視
交通状態	構造物で見えない	道路線形で見えない	対向右折車の影で見えない	対向直進車の後ろで見えない	渋滞の間で見えない	対向車無との思い込み、脇見等	対向車との相対関係を見誤る	停止するであろうと見誤る	左折するであろうと見誤る	発進するであろうと見誤る	
自由流	橋脚 1	カーブ 1	1	接近した後続車 3		7	7	信号現示の変化時 5	1	0	3
渋滞					対向すり抜け車両 8						
その他(駐車車両等)											

（財）交通事故総合分析センタ　交通事故事例調査・分析報告書（H6～H9）を参照し、右直事故ミクロ調査事例37件の要因を分類

以上のような分析からドライバを支援するべき情報は表 4.1.3-13 のように整理できる。

必要な情報は大きく分けて次の３つになる。

(ｱ)　見えない接近車情報

対向右折車両や構造物の陰になって接近する車両が見えないとき、ドライバは通常対向車が見える位置まで頭出しを行い安全を確認して横断する。ドライバがミスを犯すときには、対向車が直接見えないので対向車がないと勘違いしたり、自車の直前の車両が横断するとうっかりそれに続いて横断しようとするときである。このようなときに対向車が有る（または有るかも知れない）という情報で注意を喚起する。

(ｲ)　通過する対向車両の陰で見えない車両の情報

特に大型対向車に続いて接近する小型車や２輪車が見えないとき、大型車の通過直後に横断しようとするとその直後に走行している小型車と衝突するおそれがある。特に、３番目の車両が遠くに見えているときはその間を急いで横断しようという考えが働き確認を怠ることがある。このような時に接近車直後の後続車の存在を注意する情報を提供する。

(ｳ)　渋滞時のすり抜け車両情報

渋滞で交差点が混んでおり直進車がほとんど停止状態のとき、直進車の直前を横断しているときに停止直進車の間を縫ってすり抜けてくる２輪車と衝突することがある。このようなときにすり抜けてくる２輪車の情報を提供する。

(c)　情報提供に関するビデオ映像を使った実験

(ｱ)　実験方法

ドライバはどのような情報を欲しいと感じているか、どのようなタイミングで欲しいのかなどを調べるために実際の交差点での右折車両から見た映像を被験者に見せてアンケート方式で調査した。図 4.1.3-14 にビデオ映像と画面表示、音声の例を示す。

対向車接近中

音声

ピピッ！　対向車接近

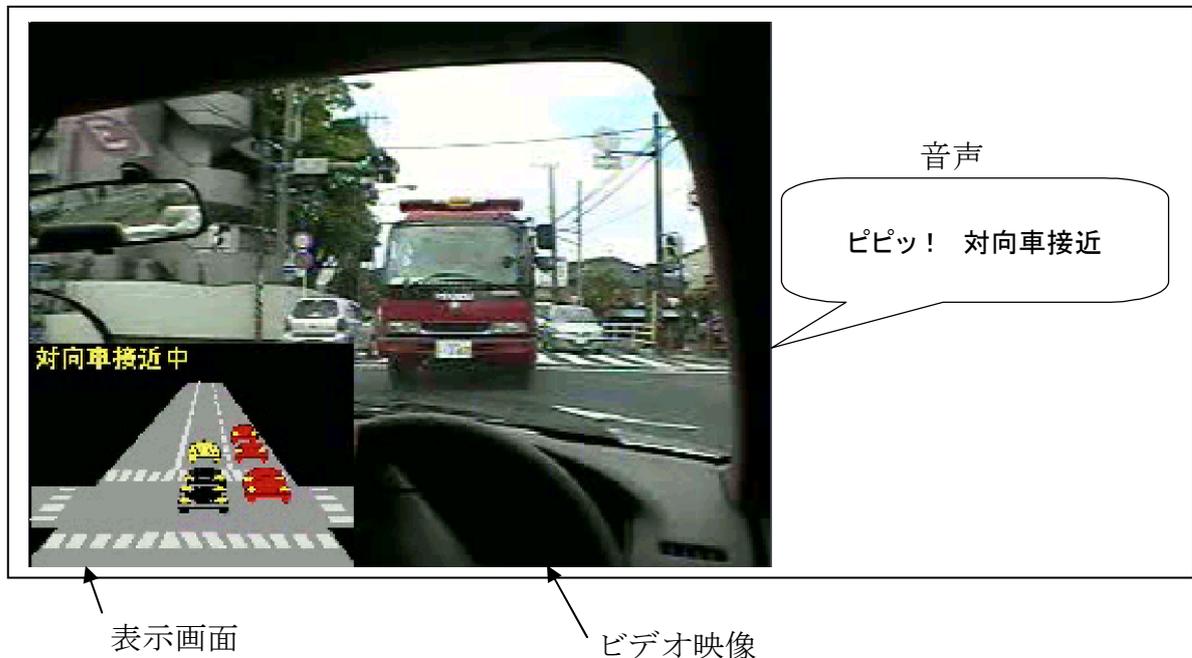
表示画面

ビデオ映像

図 4.1.3-14　ビデオ映像による情報提供の実験場面例

実験における情報は、事故分析から得られた必要な支援情報から次に示すような４つの場面で情報を提供した。

①　見通しが良い場合に、車群の間隔があいた場面で、対向車情報を提供

②　見通しが悪い場合（対向右折車など）で、対向車情報を提供

③　見えない対向後続車がある場面（大型車などの陰に隠れた車の情報を提供）

④　渋滞時にすり抜け車両がある場面（すり抜け車両の存在を情報提供）

被験者は６０人で２０歳から５９歳まで男女バランスをとって実施した。

表 4.1.3-13　支援が必要なケースに対する必要な支援情報

危険な（支援が必要な）ケース			
対向車が見えない（自覚していない）	物理的に見えない	構造物で見えない	1．構造物で対向車が見えない
		道路線形で見えない	2．道路線形で対向車が見えない
		対向右折車の影で見えない	3．対向右折車の陰で直進車が見えない
		対向先行車の影で見えない	4-1　車両の直後の見えない後続バイク
			4-2　大型車の陰になっている車両が、大型車の向こう側から追い抜き（小型、バイク）
			4-3　4-1の車両の後に、ギリギリ右折可能な距離で、後続車両が来ている （ドライバは急いで横切ろうとあせっている）
			4-4　4-2の変形であり、大型車の陰にある車両が手前側からの追い抜き
		対向渋滞列の影で見えない	5-1　渋滞時のサンキュー走行中で、その向こう側からすり抜けバイク
			5-2　渋滞時で、先詰まりの状況でのすり抜けバイク
			5-3　渋滞時に、左折車両の陰で、路肩のすり抜けバイクがセンサから見えない
			5-4　渋滞時に、後続バイクが急に横に出てすり抜ける
			5-5　渋滞時、駐車車両の陰から急に出てきてすり抜ける
	ドライバの心理的要因で見落とす	対向車無しとの思い込み、脇見等	6-1　対向車がないとの思いこみ（ドライバの見落とし、脇見など）
			6-2　自車の前の右折車の後について右折

必要な支援情報

- 接近車（車群）の存在
- 接近車（特に大型）直後の後続車（特に２輪車）
- 接近車を追い抜いてくる車両（特に２輪車）
- 接近車の（右折可能車間のある）後続車両
- 路肩をすり抜けてくる２輪車
- 第1／第2車線間をすり抜けてくる２輪車

(ｲ)　実験結果

①　サービスの必要性

上記４つの情報に対して役に立つかたたないかについてのアンケートをまとめた。見通しが良い場合の対向車情報については３０％程度の要望しかなかったが見通しが悪い場合の対向車で約６０％、見えない対向後続車とすり抜け車情報は約９０％の被験者が必要との回答をした。

②　情報の提供タイミング

対向車との車間間隔が何秒であれば横断しようと思うかという質問を行った。

アンケートの結果は、3 秒では右折しないドライバが多いが 4 秒では右折するドライバが多いことがわかった。

これらの結果から危険な横断を止めるには 3 秒から 3.5 秒の時に情報を提供するのが良いと考えられる。

③　システムに要求される性能

実験の結果からシステムに要求される性能をまとめて表 4.1.3-14 に示す。

表 4.1.3-14　システムに要求される性能

右折の場面 ＼ 項目	サービス提供するためのシステム要件 ①見通しが良い場合に、車群の間隔があいた場面で、対向車情報を提供	②見通しが悪い場合（対向右折車など）で、対向車情報を提供	③見えない対向後続車がある場面	④渋滞時にすり抜け車両がある場面
対向車検知範囲	95m（注1）	95m（注1）	95m（注1）	15m（注2）
対向車車線毎の検知台数	交差点から最低２台の検知が必要	交差点から最低2台の検知が必要	交差点から最低３台の検知が必要	交差点から最低１台の検知が必要
すり抜け車両検知範囲				―（本実験からは求まらない）
すり抜け車両検知台数				交差点から最低2台の検知が必要（注3）

注１：対向車走行速度は 70km/h を仮定。

L_A　＝　15m（およそ交差点中央から横断歩道までの距離。

L_B　＝　12m（大型車の車長）

L_C　＝　3.0 秒 x 70km/h　～　3.5 秒 x 70km/h＝56～68m

（車間時間 3.0～3.5 秒の間の時にドライバは右折するという実験結果より。）

従って、　　L　＝L_A＋L_B＋L_C　＝85～95m

注２：対向車線の先頭車が停止していることを検知すれば良いため、およそ、横断歩道までの距離程度（約 15m）で良いと考える。

注３：すり抜け車両が続く場合、２台目の情報が必要かのアンケートで、83％のドライバが情報提供必要と回答した。

(d)　安全性から見たシステムの問題点

(ｱ)　センサに関する問題

①　走行車線上の車両検出

システム要求によれば、2 車線別々に、先行車両が交差点に進入したときに、少なくとも交差点中央から 95m 手前までの走行車両を検出してその位置と速度情報を提供する必要がある。
それぞれの車両が十分に車間距離をとって走行している自由流であれば個々の車両を分離して検出することは容易である。しかし、大型車の後ろで車間距離を 1.5 秒程度（３６ｋm/ｈで１５ｍの車間距離）に詰めた車両は 60m はなれた位置からは分離できない。このとき、先頭車直後のドライバからは大型車の陰で見えない後続車両情報が出ない場合が危険側の故障である。勿論、個々の分離された車両が検出できない場合も危険側故障である。
車間距離が 3 秒以下で引き続いて対向車が来るような状態では、個々の車両を分離して検出することは出来ないと考えられるが、ドライバは横断することを断念しているのでほとんど問題はない。
渋滞流では、個々の車両を分離して検出することは出来ないが車両が動いている限り右折車は横断しようとは思わない。

②　渋滞時のすり抜け車両検出

渋滞時において、赤外線画像センサでのすり抜け車両検出は隣接する車両との分離が困難であるが、レーザレーダやミリ波レーダではすり抜け車両の先頭車は検出できる。しかし、2 台目以降の車両は検出できないことがある。
渋滞時において、少なくともすり抜け先頭車の検出が要求されるので、この検出が出来ない場合が危険側故障である。
危険側故障をまとめると表 4.1.3-15 のようになる。

表 4.1.3-15　センサの危険側故障

交通流	自由流		渋滞流
	閑散流	中高密度交通流	
危険側故障	個々の車両未検出 車両直後の後続車未検出	なし	すり抜け車両 未検出

(ｲ)　通信に関する問題

センサがドライバから見えないところの危険な車両を検出しても、それが車両側に伝達できなければサービスが成り立たない。

通信においては、電波が遮断（シャドウイング）されて必要なときに電波が車両に到達しないことがあれば問題である。

交差点では右折車両の直前を直進車が通過するので、大型車（車高が高いワゴン車を含む）の場合にシャドウイングが発生する。

また、右折車両の 2 番目以降の車両では、その直前の右折車の陰になり電波が途絶えることがある。特に、ASV/AHS 共同定義書では 0.3 秒通信が途絶えるとサービスを中止してしまうので、ほとんどサービスができないことが懸念される。

ここでの検討は、通信が途絶えても回復すればサービスを継続するものとして行う。

4 秒以上の車間距離をとった閑散な自由流では、右折車両の直前を直進車が通過するときに電波が遮断されると考えられるが、その前後では情報を受けることができる。目前を通り過ぎる車両の直前には次の車両の情報があり、直進車通過後の情報でも余裕があるので問題はない。ただ、空白の時間にどのような情報を出すべきかについては検討する必要がある。

車間距離 3 秒以下の中高密度交通流では、右折車両のドライバは信号が変わるまで横断するのを見合わせるので、目前を対向車が通過する度に電波が途絶えて情報がなくても問題はない。ただ、空白の時間にどのような情報を出すべきかについては検討する必要がある。

渋滞流では、対向車が低速で動いている場合には、右折車両は横断できないので、渋滞で停止しているときに車両の間をすり抜けてくる車両情報が問題である。少なくとも右折車両が横断しようとするときは交差点内には車両がいないかまたは右折車両が通れるだけのスペースがある。したがって電波が遮断されることはないと考えられる。

右折車で 2 番目以降の車両については、先行の右折車に無条件についてゆくことをしない限り先頭に出て情報を受けることができる。この場合も、空白の時間にどのような情報を出すべきかについては検討する必要がある。

以上のことから、電波の遮断は情報を本当に必要とするときには起こらないと考えられる。しかし、電波が途絶えたときにドライバが不安にならないような対策が必要である。

(ｳ)　HMI（車内表示）に関する問題

ビデオ映像による実験では、対向車両に注目しているときには車内の表示画面は見る余裕はないことがわかった。

音声による情報提供においても接近車両の位置や速度を伝えることはできなくて接近車両があるという情報のみである。すり抜け車両の情報についても同様である。
ピピというブザー音の回数や間隔で危険度を区分する方法についてもわかり易さという点では十分ではない。
安全性の面から考えると、的確な情報の伝達方法が見つからないのが問題であり、ドライバのうっかりやぼんやりから覚醒させる意味での注意を促す情報提供として位置付けるのが妥当だと思われる。

(ｴ)　システム機能に関する問題

　ドライバへのサービスに対するニーズは必要なときに必要な情報をということである。右折するドライバにとっては、交通流によって必要とする情報が変化することである。
比較的閑散流では、直前または交差点の少し手前を通過する車両の後から来る車両までの距離や速度の情報が有用である。しかし、その情報をそのままの数値で出されても判断にとまどうと考えられる。
中高密度流では、ほとんど横断できないが、うっかりしたり勘違いをする可能性があるので、注意情報を出すのが良いと考えられる。
渋滞流では、ほとんど停止している車両の間をすり抜けてくる車両の情報が要求される。
これまで検討してきたシステムにおいては、インフラ側から提供された情報がそのままドライバに提供されることを考えてきた。
また、インフラ側のシステムとしては、交通流を判断して、その時に必要な情報を選択して車両に提供することは現在できないようになっている。
システムの安全性を考えると、インフラ側から全ての情報を車両に提供して車両が持つ様々な情報とを統合して適切な情報をドライバに提供するのが走行支援システム全体として、安全性も確保できると考えられる。

(2)　交差点系システムの安全性・信頼性

　交差点系システムとしては、右折衝突防止支援システムについて検討した。ミクロ事故分析と実交通場面のビデオ映像を使った実験からドライバのニーズは、見えない対向車の情報、大型車の陰に隠れた車両の情報、停止車両の間をすり抜ける車両の情報を望んでいることがわかった。

　しかし、システムを構築する上で、交通流が複雑であるので車両の未検出や後続車の分離ができないような危険側故障を回避できるセンサの性能および経済的な配置が困難である。電波の遮断は頻繁に発生すると考えられるが、直接的な影響よりも遮断したときの情報提供をどうするかの問題

がある。さらに、適切な車内での情報提供方法が見つからないことが問題である。

4.1.4　車両挙動に関する調査

情報提供を行うことにより車両の挙動がどう変わるか実道実験の結果から分析を行い、サービスの効果の検証を行った。

4.1.4.1　国道25号米谷地区の危険挙動分析

本調査は、米谷カーブに導入されているＡＨＳサービスの稼働前後についてそれぞれ、映像およびセンサログデータを一定期間収集し、走行車両のカーブ進入時における速度および最大減速度の挙動データを抽出した。

また、サービスあり・なしでの危険挙動の変化について整理・分析を行い、サービスの有効性について検証した。

(1)　調査概要

(a)　データ収集方法

①　米谷カーブの概要

- 最小曲線半径 150m、 最大勾配が 6%（下り）で道路線形が特に厳しい区間である。
- 1 日約 3.2 万台が通行し、大型車の利用が多い（混入率 40%）自動車専用道路。
- 実勢速度が約 70km/h と高く、速度オーバーやスリップ等による側壁への接触、衝突事故、追突事故が年間 20 件以上発生（平成 12 年 12 月～平成 14 年 11 月）。

  特にカーブ区間（90.1～90.3KP）に事故が集中している。

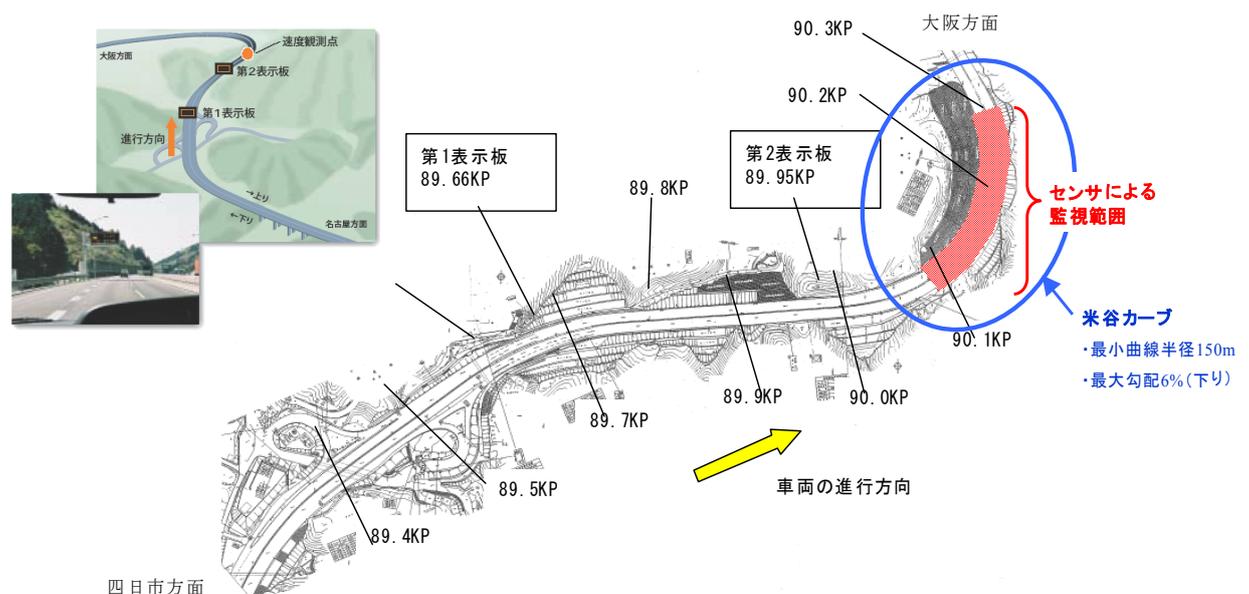



図 4.1.4-1　米谷カーブの概要

②　データ収集期間

- サービスなし：平成１７年１月２６日～１月２８日（３日で連続４８時間）
- サービスあり：平成１７年１月１６日～１月２２日（７日間連続１６８時間）

③　収集場所・体制

米谷局舎にて２名体制で実施した。

④　収集データ

- 突発事象検出システム（ＡＨＳ対応システム）のセンサログデータ
- 道路・交通状況の映像データ

⑤　収集方法

サービスなし時のセンサログおよび映像データは、3 日間（連続４８時間）収集した。なお、データ収集時は、米谷地区に整備されている突発事象検出システム（ＡＨＳ対応システム）の情報板を消灯（「調整中」を表示）して実施するため、消灯期間中の交通状況をモニタし、必要に応じて手動による情報提供を行った。

写真１
第一表示板
調整中表示

写真２
第二表示板
調整中表示

図 4.1.4-2　サービス停止中の表示板の表示状況

(2)　データの抽出

(a)　抽出データと抽出方法

①　カーブ進入速度

カーブ進入地点で検出された初速度とした。抽出領域は、赤外カメラ 2 監視範囲の最も下流側の 20～30m の区間とした。(図 4.1.4-3 のデータ抽出区間の設定図内「カーブ進入速度抽出区間」)

②　カーブ内で発生する最大減速度

0.1 秒毎に検出するログデータから 1 秒単位の平均速度を算出した。また、急減速の抽出精度を高めるため 0.5 秒毎にずらして抽出し、車両単位で整理した。その中の速度差の最大値を最大減速度として抽出した。

下り
四日市方面
大阪方面
凡例
基点（0m）
走行挙動観測範囲
調査車両進行方向
カーブ入口（下り方面90．0kp付近）
:システム座標の基点(0m)
対象車両抽出区間
:基点から20～90m(カメラ2監視範囲を補足)
カーブ進入速度抽出区間
:基点から20～30m(うち初速度を検出)

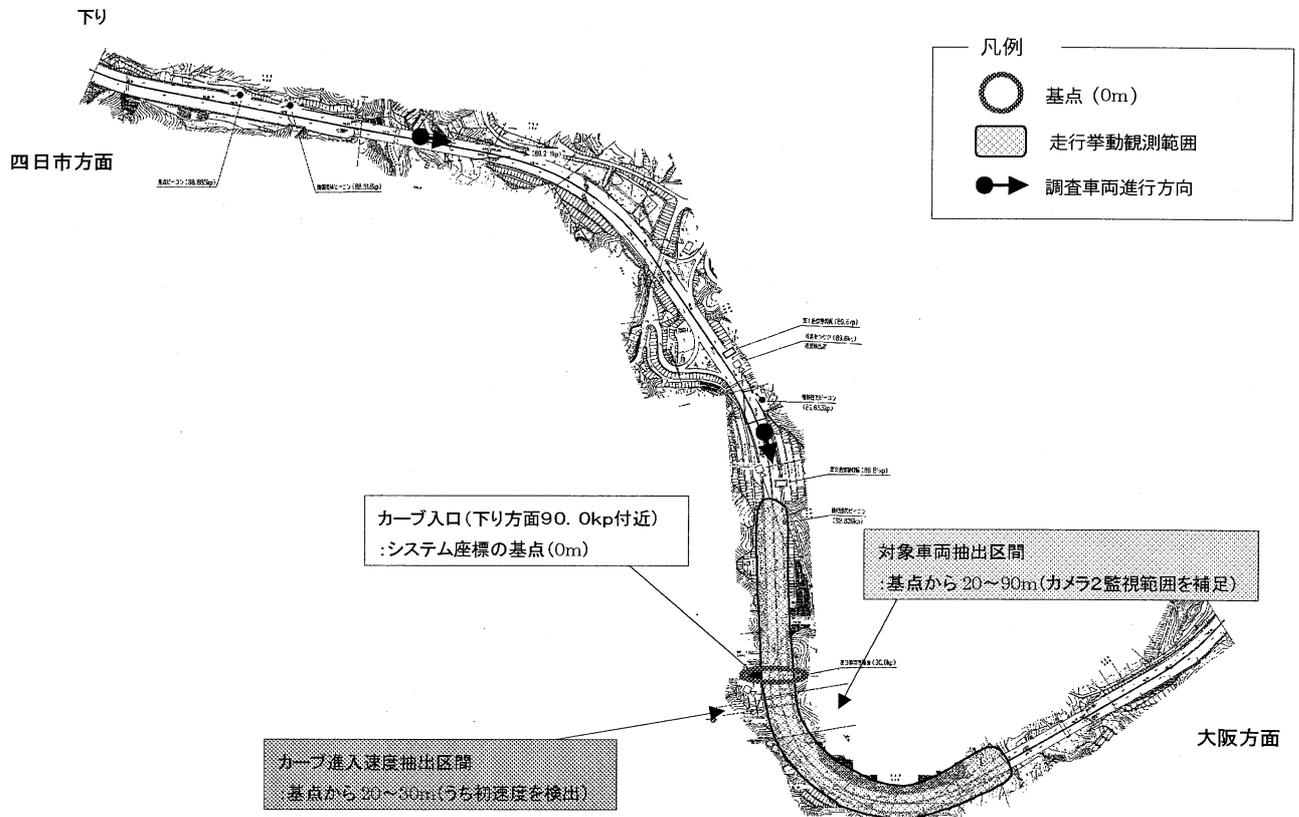



図 4.1.4-3　データ抽出区間の設定図

(b)　分析項目

ｱ)　通過交通全体の危険挙動の実態をサービスあり・なしで比較。

ｲ)　車頭間隔３秒以上の自由流交通下で、前方に障害物がある場合の危険挙動の実態をサービスあり・なしで比較。

- 車頭（車尾）間隔が３秒以上の自由流交通下で、かつ前方に障害物があるときにカーブ進入した車両（サービスなし）。
- 車頭（車尾）間隔が３秒以上の自由流交通下で、かつ前方に障害物があり情報提供を受け、カーブ進入した車両（サービスあり）。

ｳ)　米谷カーブでのサービス導入前後の事故発生状況の整理

ｱ)～ｳ)について、整理、分析を行った。

(c)　自由流交通の抽出方法

- 映像から自由流車両の抽出から

  映像から、走行車線、追越車線それぞれの自由流走行車を判別、出現時刻順に整理した。
- センサログとのマッチング

  映像で抽出された車両データとセンサログを時刻によりマッチングし、センサログの車両 ID 単位で整理、集計した。

(d)　急減速の考え方

既往研究および道路構造令等の知見及び車メーカーへのヒアリングを基に、減速度の考え方を表 4.1.4-1 に整理した。

表の考え方を参考に､本調査では 0.5G 以上をヒヤリを伴う急減速として設定した。

表 4.1.4-1　減速度に関する既存知見まとめ（文献収集およびヒアリング結果）

減速度	減速状況	出典
０．２Ｇ程度	われわれが普通運転していて停車する場合の減速度は 0.15G 程度である。実際の運転では、ブレーキをかける場合の約 80%は 0.2G 以下。	「自動車事故工学」（江守一郎著，技術書院）RoadResearch Laboratory,"Research on Road Safety",Her Majestey'sStationary Office,England, 1963, pp.507-508 より引用
０．３Ｇ以上	ISO で議論されている ACC に関して、通常の走行で発生する減速度は 0.3G 以下と言われており、ACC の作動最大減速度は 0.3G とされた。これ以上を通常発生しない急減速度と考える。	ISO WG14　国際標準ドラフト
０．４Ｇ以上	一般的に、通常発生する雨による路面湿潤時の摩擦係数は 0.4 程度とされている。 従って、0.4G 以上の減速度（路面湿潤時）ではスリップが生じる可能性がある。	道路構造令の解説と運用（p256、表 4-31）
０．５Ｇ以上	ベンツの安全性の論文で、典型的な衝突時の急減速値として使用されている。論文では、衝突時の衝突側車両による急ブレーキとして多くの場合発生すると述べられている。	“Possibilities forS afety Withinthe Driver-Vehicle Environment Control Loop,” Kurt Enke, Daimler-Benz AG
	プリクラッシュセーフティ（衝突が不可避だと判断すると自動的にブレーキをかけ減速する技術）で作動する減速度は 0.5G 以上。	暫定技術指針（国交省　自交局技術企画課）
０．６Ｇ以上	一般的に、路面乾燥時の摩擦係数は 0.6 程度とされている。従って、0.6G 以上の減速度（路面乾燥時）ではスリップが生じる可能性がある。	道路構造令の解説と運用（p258、表 4-34）
	既往の論文によれば、晴天時（路面乾燥時）で日常起こりうる最大ブレーキング値が 0.6G に相当する。	「無信号交差点における交通挙動分析に基づく出合頭事故防止 ITS の可能性分析」（山中他、第 37 回土木計画学シンポジウム論文集）
０．８Ｇ以上	緊急、パニック状態で発生しうる制動は 0.8G～1.0G。（ただし、乾燥アスファルトにおける乗用車を対象）	自動車メーカーへのヒアリング
	停止車両への衝突直前に発生した最大減速度は 0.89G（1.7 秒間で 84.3km/h→57.9km/h に減速）	秋田大学における実測データ（ｾｰﾌﾃｨﾚｺｰﾀﾞによる 0.1 秒単位データ）

(3)　分析結果

本調査における危険挙動の実態を把握するため、通過台数全体と自由流交通（車頭間隔３秒以上）の最大減速度およびカーブ進入速度の分布図を整理し、0.5G 以上の危険挙動および規制速度 60km/h 以上でカーブ進入する車両の割合をサービスあり・なしで比較し、事象発生毎でサービスの効果を確認した。

①　通過交通全体における危険挙動の実態

ｱ)　急減速の発生状況

- 0.5G 以上の急減速の発生頻度は、全体的にみると、サービスなし時が進入車両 15,753 台/日に対して 834 台/日（5.2%）、サービスあり時が進入車両 16,430 台/日に対して 951 台/日（5.8%）とほとんど差はみられなかった。
- 一方、前方に障害物がある場合には、サービスなし時（進入台数 61 台/日に対して 15 台/日）の 25.3%に比べ、サービスあり時（進入台数 115 台に対して 15 台/日）では、13.0%と発生頻度においてほぼ半減し、急減速の削減効果がみられた。

ｲ)　カーブ進入速度

- カーブ進入速度については、サービスなし時で 71.3km/h、サービスあり時で 71.0km/h といずれも規制速度を 10km/h 以上超過しており、差はほとんどみられなかった。
- 60km/h 以上の高速域では、前方障害物ありの場合のサービスなし時の進入台数 61 台/日のうち 20 台/日（33.0%）、サービスあり時では、進入台数 119 台/日のうち 19 台/日（16.2%）と、サービスありがサービスなしに比べ、高速進入車両の割合が半減しており、速度抑制の効果がみられた。

ｳ)　昼夜別の比較

急減速は、夜間に比べ、昼間の方が発生頻度が高く、カーブ進入速度は昼間と夜間に大きな差はみられなかった。

表 4.1.4-2　全通過台数に対する危険挙動の発生状況まとめ

サービスあり･なし	全通過台数※（分析有効台数）台/日	カーブ進入速度 km/h	進入車両台数（台/日）			0.5G以上の車両台数（台/日）			危険挙動発生率		
			全体	前方障害物あり	前方障害物なし	全体	前方障害物あり	前方障害物なし	全通過台数に占める0.5G以上の割合注1	進入車両台数に占める割合注2	
										前方障害あり	前方障害なし
サービスなし	15,753	71.3	15,753	61	15,693	834	15	407	5.3%	25.3%	2.6%
サービスあり	16,430	71.0	16,430	115	16,315	951	15	936	5.8%	13.0%	5.7%

※赤外カメラ2監視範囲（20～90m）を連続的に検出できたサンプル
※0.5Gを危険な減速度と定めたのは、「6.1.2　d)急減速の考え方」による
注1）0.5G以上の発生台数が有効台数全体でどの程度占めるか算出した
注2）前方障害物有無は、あり、なしの発生台数が0.5G以上の発生台数でどの程度占めるか算出した
注3）数値は、サービスなし3日（連続48時間）、サービスあり7日（連続168時間）を日平均した

表 4.1.4-3　全通過台数に対するカーブ進入速度の発生状況まとめ

サービスあり･なし	カーブ進入速度 km/h	全通過台数※（分析有効台数）台/日	進入車両台数（台/日）		60km/h以上の進入台数（台/日）			60km/h以上の進入割合（%）		
			前方障害物あり	前方障害物なし	全体	前方障害物あり	前方障害物なし	全体	前方障害物あり	前方障害物なし
サービスなし	71.3	15,775	61	15,713	12,592	20	12,572	79.8%	33.0%	80.0%
サービスあり	71.0	16,290	119	16,171	12,958	19	12,938	79.5%	16.2%	80.0%

※赤外カメラ2監視範囲（20～90m）を連続的に検出できたサンプル
注1）数値は、サービスなし3日（連続48時間）、サービスあり7日（連続168時間）を日平均した

② 自由流交通下における危険挙動の実態

ｱ) 全通過台数に占める自由流交通

車頭間隔 3 秒以上の自由流交通は、サービスあり・なし時ともに全通過台数の約半数を占めた。

表 4.1.4-4　全通過台数に占める自由流交通

サービスあり･なし	全通過台数※	自由流交通台数注1)	全通過台数に占める自由流交通量	うち前方に障害物がある場合にカーブ進入した台数
サービスなし	47,260	23,474	49.7%	80
サービスあり	115,009	59,750	52.0%	225

※赤外カメラ2監視範囲（20～90m）を連続的に検出できたサンプル
注1）車頭間隔3秒以上とした
注2）数値は、サービスなしが3日（連続48時間）、サービスありが7日（連続168時間）の値

ｲ) 急減速の発生状況

自由流交通下における、急減速の発生状況は、全体と比べて傾向に差は無く、全体では、サービスあり・なしともにほぼ同じ発生頻度であるが、前方障害物ありの場合に、サービスなし時では、進入台数 27 台/日のうち、0.5G 以上の急減速車両は、8 台（31.3%）に対し、サービスあり時では進入車両 33 台/日のうち、0.5G 以上の急減速車両は 8 台（23.4%）と、サービスあり時で急減速の発生率が 10%程度軽減しており、急減速の削減効果がみられた。

ｳ) カーブ進入速度

- カーブ進入速度については、サービスなし時で 70.4km/h、サービスあり時で 69.6km/h といずれも規制速度を 10km/h 程度で、差はほとんどみられなかった。
- 60km/h 以上の高速域では、前方障害物ありの場合のサービスなし時の進入台数 61 台/日のうち 20 台/日（33.0%）、サービスあり時では、進入台数 119 台/日のうち 19 台/日（16.2%）と、サービスありがサービスなしに比べ、高速進入車両の割合が半減しており、速度抑制

の効果がみられた。

ｴ)　昼夜別の比較

急減速は、夜間に比べ、昼間の発生率がサービスなしで２倍強、サービスありでは３倍高かった。高速でのカーブ進入は、サービスあり・なしで異なる傾向がみられ、サービスなしでは夜間が、サービスありでは昼間の割合が高かった。

表 4.1.4-5　自由流交通下に対する危険挙動の発生状況まとめ

サービスあり･なし	全通過台数※ (分析有効台数) 台/日	車頭間隔3秒以上の自由流交通台数 台/日	カーブ進入速度 km/h	進入車両台数 台/日		0.5G以上の車両台数(台/日)		挙動発生比率	
				全体	前方障害物あり	全体	前方障害物あり	自由流交通に占める割合注1	前方障害ありに占める割合注2
サービスなし	15,753	7,825	70.4	7,812	27	424	8	5.4%	31.3%
サービスあり	16,430	8,536	69.6	8,609	32	554	8	6.4%	23.4%

※赤外カメラ2監視範囲(20～90m)を連続的に検出できたサンプル
※0.5Gを危険な減速度と定めたのは、「4.危険事象発生状況の整理」の考え方による
注1)0.5G以上の発生台数が有効台数全体でどの程度占めるか算出した
注2)前方障害物ありの発生台数が0.5G以上の発生台数でどの程度占めるか算出した
注3)数値は、サービスなし3日(連続48時間)、サービスあり7日(連続168時間)を日平均した

表 4.1.4-6　自由流交通下に対する危険挙動の発生状況まとめ

サービスあり･なし	カーブ進入速度 km/h	全通過台数※ (分析有効台数) 台/日	車頭間隔3秒以上の自由流交通台数 台/日	進入車両台数 (台/日)		60km/h以上の進入台数 (台/日)		60km/h以上の進入割合 (%)	
				前方障害物あり	前方障害物なし	全体	前方障害物あり	全体	前方障害物あり
サービスなし	61.8	15,775	7,825	27	15,713	6,186	14	79.1%	50.6%
サービスあり	60.1	16,290	8,536	33	16,171	6,728	15	78.8%	44.0%

※赤外カメラ2監視範囲(20～90m)を連続的に検出できたサンプル
注1)数値は、サービスなし3日(連続48時間)、サービスあり7日(連続168時間)を日平均した

(4)　米谷カーブの事故実態

①　サービス導入前後の各 18 ヶ月間で、総事故件数は 47 件から 26 件となり、21 件（45%）が減少している。(追突は 5 件→3 件、その他車両相互は 10 件→2 件、車両単独は 32 件→21 件)

②　人身事故は 4 件が 1 件に減少している。

③　サービスの導入および従来型対策の実施により、事故の減少傾向が伺える。

表 4.1.4-7　サービス導入前後における事故発生状況

	追突(件)	その他車両相互(件)	車両単独(件)	計(件)
サービス導入前 2000/12/1～2002/5/31の18ヶ月	人身 1 総事故 5	人身 2 総事故 10	人身 1 総事故 32	人身 4 総事故 47
サービス導入後 2002/6/1～2003/11/30の18ヶ月	人身 0 総事故 3	人身 0 総事故 2	人身 1 総事故 21	人身 1 総事故 26
事故の減少数	人身 1 総事故 2	人身 2 総事故 8	人身 0 総事故 11	人身 3 総事故 21

(5)　サービスの効果の検証

危険挙動の分析結果から、「前方に障害物がある」場面において、サービスの効果が確認された。以下に分析結果を整理する。

①　急減速の削減効果

- 通過交通全体では、前方に障害物がある場合に、サービスあり時の急減速の危険挙動がサービスなし時に対してほぼ半減している。
- 自由流交通下では、前方に障害物がある場合、前方に障害物がある場合に、サービスあり時の急減速の危険挙動がサービスなし時に対して約３割削減している。
- 以上から、「前方障害物がある」場合は、急減速車両削減の効果が確認できた。

表 4.1.4-8　前方障害物あり時のサービスあり・なしの急減速発生状況まとめ

		進入台数 台/日	0.5G 以上 急減速台数 台/日	発生比率 %
サービスなし	全体	61	15	25.3%
	自由流交通	27	8	31.2%
サービスあり	全体	115	15	13.0%
	自由流交通	33	8	23.4%

② カーブ進入速度の抑制効果

- 前方に障害物がある場合、サービスなし時の進入速度は全体で 52.8km/h からサービスあり時では 44.6km/h、一方、自由流交通でも、サービスなし時の進入速度 61.7km/h からサービスあり時では 60.1km/h とそれぞれ速度が下がっている。
- 前方に障害物がある場合の自由流交通下では、サービスあり・なしの速度分布から、サービスなし時では、60km/h 以下は 80 台/48h で 2 台/48h しかいないが、サービスあり時では、225 台/168h のおよそ半数の 116 台/168h が 60km/h（規制速度）以下となっている。
- 以上から、「前方障害物がある」場合は、カーブ進入速度の抑制効果が確認できた。

表 4.1.4-9　前方障害物あり時のサービスあり・なしのカーブ進入速度まとめ

		カーブ進入速度 km/h	進入台数 台/日	60km/h 以上進入台数 台/日	進入比率 %
サービスなし	全体	52.8	61	20	33.0%
	自由流交通	61.7	27	14	50.6%
サービスあり	全体	44.6	119	19	16.2%
	自由流交通	60.1	33	15	44.0%

台数（台）	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-
サービスあり(N=225)	0	0	0	0	14	102	64	35	10	0	0
サービスなし(N=80)	0	0	0	0	0	2	35	34	7	2	0

カーブ進入速度(km/h)

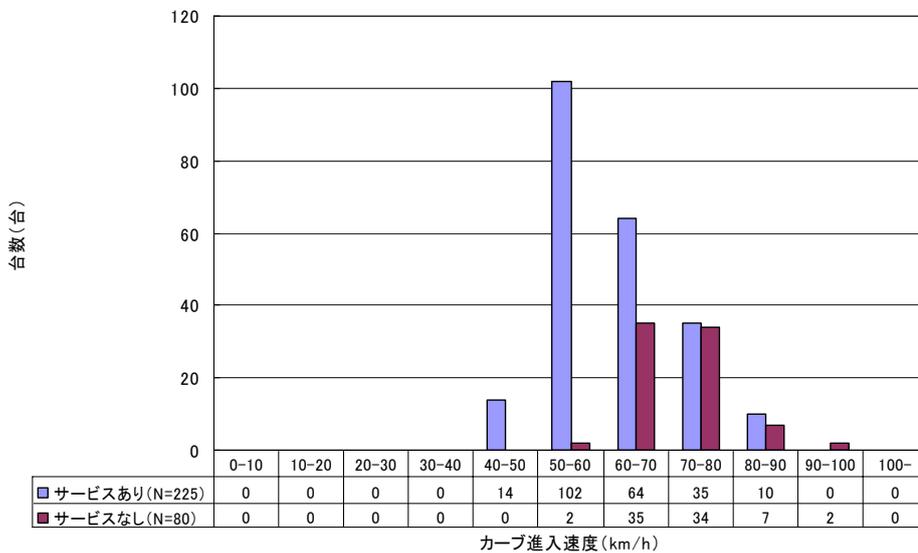



図 4.1.4-4　前方障害物がある場合の自由流交通下でのサービスあり・なし時のカーブ進入速度分布

③　まとめ

米谷カーブにおける、前方障害物がある場合のサービスの効果を整理すると、表 4.1.4-10 のとおりである。

表 4.1.4-10　前方障害物がある場合のサービスの効果の整理

	急減速（0.5G 以上）		カーブ進入速度（60km/h 以上）		事故発生状況
	全体	自由流	全体	自由流	
サービスなし	25%	31%	33%	51%	47 件/18 ヶ月
サービスあり	13%	23%	16%	44%	26 件/18 ヶ月
効果	50%減	30%減	50%減	10%減	45%減※

※サービスの導入および従来型対策の実施による

4.1.4.2　首都高速参宮橋地区の分析

(1)　交通流観測による効果検証

サービス導入前後の、車両挙動をセンサーデータにより分析した結果、サービス導入後の車両挙動が安全側に変化しており、ドライバーの安心感が高まると推定される。

- 前方に障害物があり情報提供を行った場合、急減速の発生率が 0.5G 以上で 4%減少。
  0.5G 以上の急減速が 0.3G-0.5G の安全側に変化。
- 60km/h 以上の高速でカーブ進入する車両が 10%減少。
  60km/h 以上が 50-60km/h の安全側に変化。

ⅰ)最大減速度は、センサの監視範囲全体から測定
ⅱ)カーブ進入速度は、カーブ入口から約50mの範囲から測定

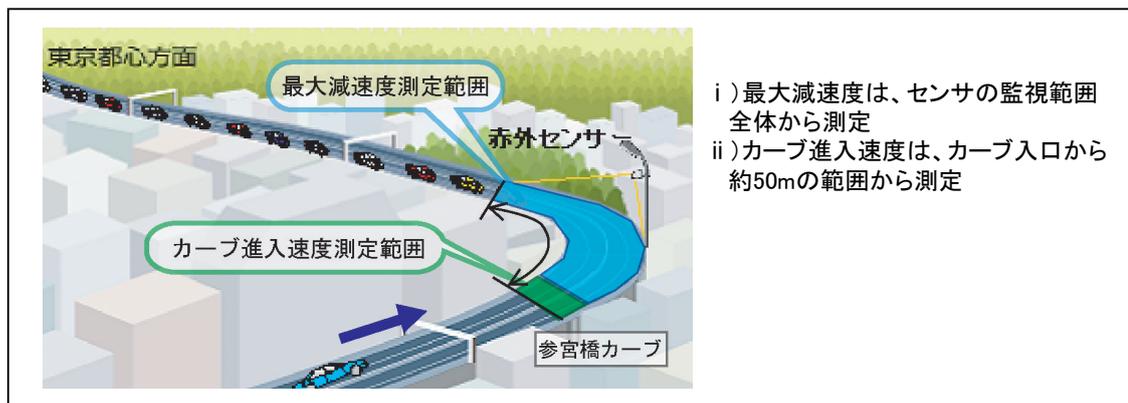



図 4.1.4-5　最大減速度及びカーブ進入速度の測定位置

表 4.1.4-11　危険なシーンでの急減速や高速でのカーブ進入発生頻度の比較

区 分	カーブ前方に渋滞や停止･低速車がある時			
	30km/h以上の進入車有効サンプル数（台/19日）	急減速挙動の発生頻度		高速でのカーブ進入頻度（進入速度60km/h以上の車両）
		0.4G以上	0.5G以上	
サービス導入前 2003年10月～11月のうち19日間*	8,507	29.3台／100台あたり	17.4台／100台あたり	4.9台／100台あたり
VICSサービス 2005年3月～4月のうち19日間*	9,705	27.1台／100台あたり	16.7台／100台あたり	4.4台／100台あたり
効果		8%減	4%減	10%減

*乾燥14日間、湿潤5日間
*前方に障害物がある場合に30km/h以上でカーブ進入した車両を対象に分析

0.5G以上の4%がサービスにより0.3-0.5Gに移行

最大減速度G	0.3G未満	0.3-0.5G	0.5G以上
サービス導入前	100.0%	48.4%	17.4%
VICSサービス	100.0%	48.7%	16.8%

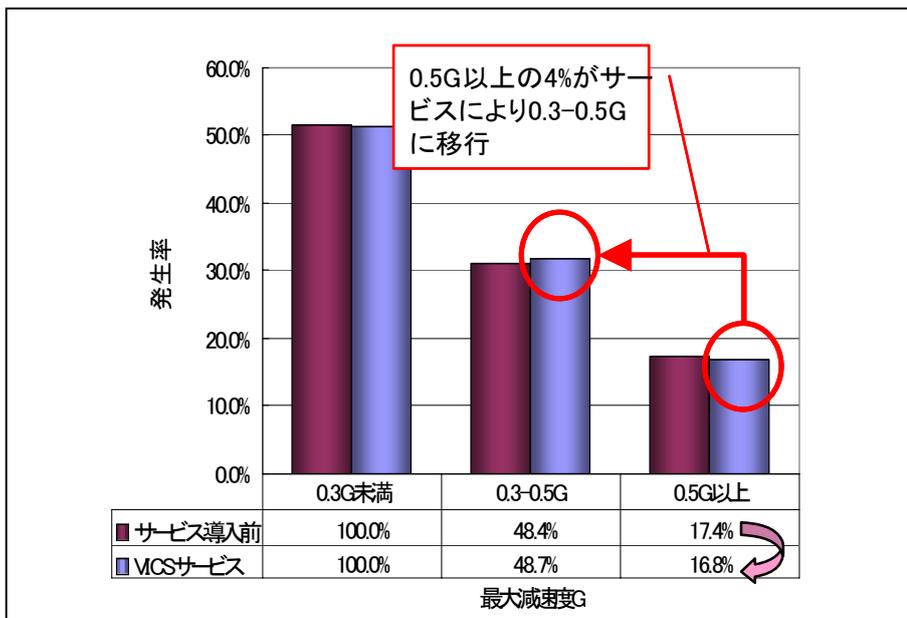



図 4.1.4-6　最大減速度分布（30km/h 以上でカーブ進入した車両を対象）

	30-40km/h	40-50km/h	50-60km/h	60km/h以上
サービス導入前	100.0%	36.8%	11.8%	4.9%
VICSサービス	100.0%	38.8%	12.8%	4.4%

カーブ進入速度(km/h)

60km/h以上の10%がサービスにより50km/h台に移行

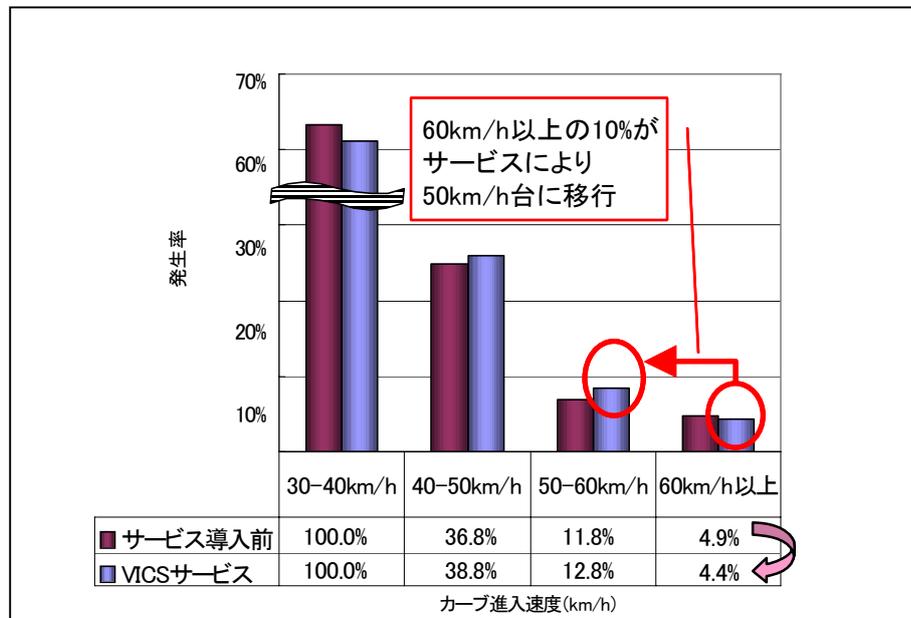



図 4.1.4-7　カーブ進入速度

(2)　３メディア VICS 搭載車の観測による効果検証

1)　危険なシーンの３メディア VICS 対応カーナビ搭載車の挙動

映像により３メディア VICS 搭載車の挙動を観測した結果、以下の知見が得られた。

- VICS 搭載車のカーブ進入速度は 40km/h 以下で慎重に進入。
- 先行車との車間を充分に確保し、カーブ内で緩やかに減速し安全に停止。

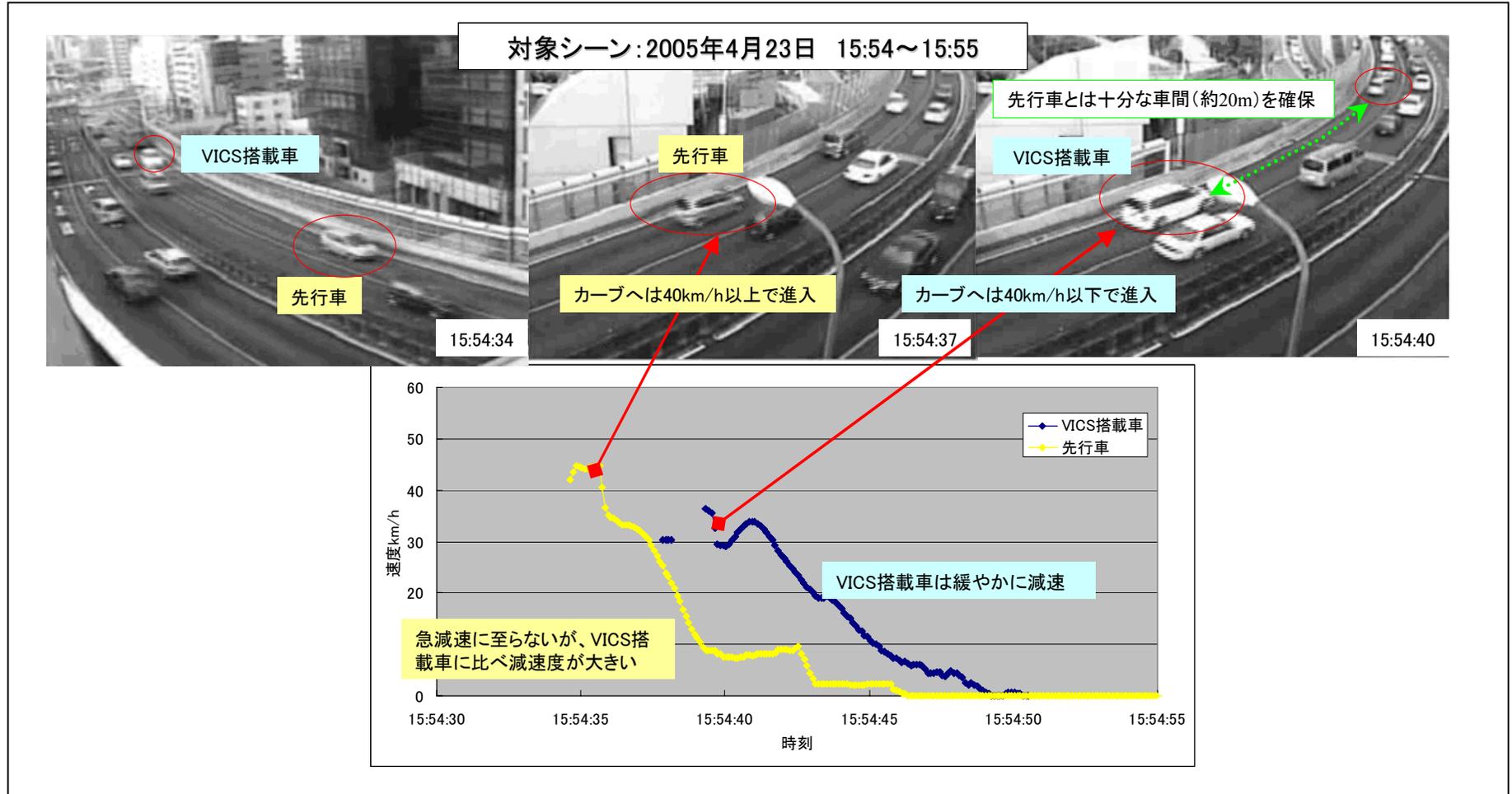



図 4.1.4-8　危険なシーンの３メディア VICS 対応カーナビ搭載車の挙動

2)　３メディア VICS 対応カーナビ搭載車混入率と車両挙動の関係

自由走行時中においては、３メディア VICS 対応カーナビ車混入率が高くなるにつれて、最大減速度、カーブ進入速度は、有意な差ではないが、減少する傾向にある。

最大減速度

3メディアVICS対応カーナビ混入率	平均最大減速度(G)
0-5%	0.41
5-10%	0.43
10-15%	0.41
15-20%	0.39

カーブ進入速度

3メディアVICS対応カーナビ混入率	平均カーブ進入速度(km/h)
0-5%	45.8
5-10%	44.6
10-15%	45.3
15-20%	43.6

注1)「道路の交通容量　(社)交通工学研究会　P50フリーウェイの単路部におけるサービス水準」の考え方より、交通流率が175台/5分/2車線未満を自由走行、それ以上を追従時として設定。
注2)3メディアVICS対応カーナビ車混入率は、トラカンで計測値である5分間区切りとした。
注3)前方障害物があり、かつ40km/h以上でカーブ進入した車両498台(VICS搭載車、非搭載車を含む)を上記の時間帯の混入率とマッチングして平均値をプロット。
注4)分析期間は2005年4月24日～27日21:00までの4日間。

図 4.1.4-9　前方に障害物がある場合の混入率別平均最大減速度と平均カーブ進入速度（自由走行時）